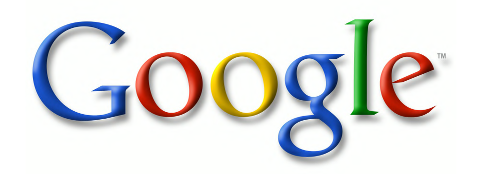






Der Stickstoffhaushalt

in der

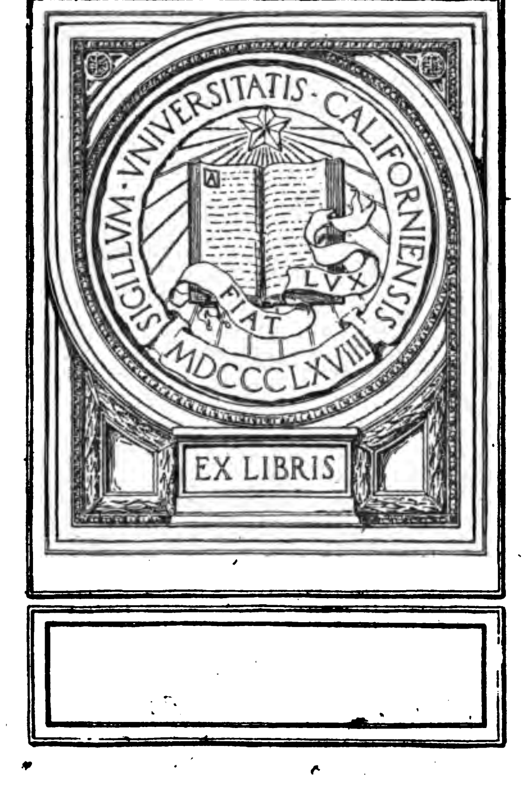
landwirtschaftlichen Praxis.

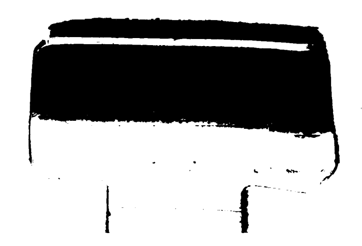
Von

Adolf Neuhauß.



Berlin
Verlagsbuchhandlung Paul Parey
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11
1914.


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS





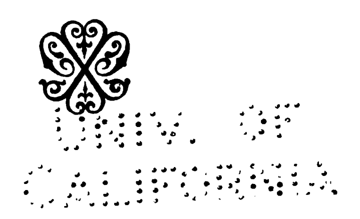
Der Stickstoffhaushalt

in der

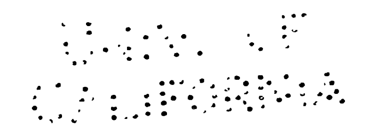
landwirtschaftlichen Praxis.

Von

Adolf Neuhauß.



Berlin
Verlagsbuchhandlung Paul Parey
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11
1914.



Vorwort.

Von allen Berufen, die der Mensch ausübt, steht wohl keiner so unter dem Zeichen des Kampfes ums Dasein, wie der des Landwirts. Er muß mit der Natur kämpfen und ringen um das tägliche Brot. An Kräften ist die Natur dem Menschen weit überlegen, aber dadurch, daß der Mensch immer tiefer in die Geheimnisse der Natur eindringt, bekommt er ihr gegenüber neue Waffen in die Hand. Die Erforschung der Natur, gleichsam der Patrouillendienst im Kampf ums Dasein, ist Aufgabe der wissenschaftlichen Forschung; den Kampf mit der Natur unter Ausnutzung der Forschungsergebnisse durchzuführen, das ist die Pflicht der Praxis. Ein voller Erfolg ist dabei nur zu erzielen, wenn Wissenschaft und Praxis Hand in Hand gehen. Mit dem Fortschreiten der Erkenntnis der Naturvorgänge verspricht unser Kampf immer reichere Erfolge, aber er verlangt von den Kämpfern immer größere Kenntnisse.

Wer also heute als Landwirt den Kampf ums Dasein aufnehmen will, lerne die Natur erst einmal ordentlich kennen, sonst wird er immer ein Stümper bleiben. Wer schon längere Zeit in der Praxis steht, ist so leicht geneigt, die Theorie über die Schulter anzusehen und auf die eigene Kraft zu pochen. Das ist aber eine Überhebung, die bei näherer Betrachtung eigenartig anmutet. Wer hat denn der heutigen Landwirtschaft die Grundlagen dafür gegeben, daß sie sich soweit entwickeln konnte? Die Bedeutendsten waren Albrecht Thaer, ein Arzt, und Justus von Liebig, ein Apotheker, beide ursprünglich keine Landwirte. Es wäre besser, wenn manche Praktiker nicht gar so von oben herab auf die „graue Theorie" blickten, sie schaden sich selber dadurch. Heute muß, wer als Landwirt etwas leisten will, neben aller praktischen Erfahrung auch über sehr umfangreiche theoretische Kenntnisse verfügen. Die Ausbildung des praktischen Landwirts wird immer schwieriger, und es müssen heute in dieser Beziehung ganz andere Ansprüche gestellt werden, als vor 20—30 Jahren.

Ein ganz kleines Kapitel aus dem, was heute zu dem Wissensschatz des Landwirts gehört, habe ich herausgegriffen und will es auf den folgenden Seiten behandeln. Da ich mich mit diesem Schriftchen an den Praktiker und an den, der es werden will, wende, habe ich es vermieden, unnötigen Zahlenballast beizufügen, sondern habe versucht, nur das darzustellen, was man heute als unbestrittene Tatsachen ansehen kann, und was eine unmittelbare Bedeutung für die Praxis hat.

Wer sich weiter in die Materie vertiefen will, wird vermittels der kurzen Literaturangabe am Schluß, wo ich nur die wichtigsten Schriften angeführt habe, die mir bei dieser Arbeit als Unterlage gedient haben, dies leicht können und in den angeführten Büchern die weitere Literatur finden.

Selchow (Mark) im Juni 1914.

Der Verfasser.

Inhalt.

A. Einleitung.

Wie durch den gewaltigen Aufschwung und die Errungenschaften der Naturwissenschaften und der Technik im 19. Jahrhundert unser gesamtes wirtschaftliches Leben eine ungeahnte Entwicklung erfuhr, so wurde auch nicht zum mindesten die Landwirtschaft in ganz neue Bahnen gelenkt. Während sie früher nicht viel mehr als ein Handwerk war, ist sie jetzt zu einer Wissenschaft geworden. Daß dies so geworden ist, verdanken wir in erster Linie Albrecht Thaer, der, selbst ursprünglich kein Landwirt, aus den Erfahrungen der Naturwissenschaften Nutzen für die Landwirtschaft zu ziehen gesucht hat. Besonders hatte er erkannt, daß man die Hauptaufmerksamkeit auf die Ernährung der Pflanzen richten mußte, wenn man von seinem Grund und Boden eine möglichst hohe Rente erzielen wollte. Man stand damals, wo noch eine strenge Scheidung zwischen organischer und anorganischer Chemie bestand, auf dem Standpunkt, daß die Pflanzen nur organische Stoffe zu ihrem Aufbau verwenden könnten. Thaer vertrat die Ansicht, daß der Humus im Boden der Hauptträger der Pflanzennahrung sei und wurde so zum Begründer der Humustheorie. Das Fehlerhafte dieser Anschauung wurde erst erkannt, als man die Brücke zwischen der organischen und anorganischen Chemie gefunden hatte. Diese neuen Forschungsergebnisse auf die Landwirtschaft übertragen zu haben, ist das große Verdienst Liebigs, der bewies, daß die Pflanzen sehr wohl die Mineralstoffe, wie Phosphorsäure, Kali, Kalk usw. zu ihrer Ernährung verwenden können, ja diese unbedingt nötig haben. Er schoß allerdings übers Ziel hinaus, indem er den organischen Stoffen im Boden, besonders den Stickstoffverbindungen ihre Bedeutung absprach. In dem heftigen Streit, der um die Liebigsche Lehre entbrannte, behauptete sich diese im wesentlichen siegreich. Heute besitzen wir durch die bedeutenden Arbeiten auf dem Gebiete der Agrikulturchemie, die auf der Grundlage der Liebigschen Lehre weitergearbeitet hat, eine weitgehende Kenntnis über die Ernährungsverhältnisse der Pflanzen.

Wir wissen jetzt, daß zur normalen Entwicklung der Pflanzen eine ganze Reihe von Faktoren beizutragen hat, wie Licht, Wärme, Wasser,

die verschiedenen Nährstoffe wie Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphorsäure, Kali, Kalk, Magnesia, Schwefel und Eisen. Hierzu kommen noch eine Reihe anderer Stoffe, die von geringerer Bedeutung sind. Alle diese Faktoren sind zum Gedeihen der Pflanzen unbedingt nötig und es darf keiner fehlen. Fehlt einer, so wird das Wachstum nur ein kümmerliches sein. Hieraus ergibt sich das Gesetz vom Minimum, das besagt: Wenn alle Wachstumsfaktoren in hinreichendem Maße vorhanden sind, aber einer, z. B. der Stickstoff, in einer zur vollen Entwicklung nicht ausreichenden Menge vorhanden ist, so ist dieser maßgebend für die gesamte Entwicklung. Zum besseren Verständnis möchte ich das Beispiel, das Heinrich angibt, anführen.

Wenn ein Boden enthält:

Kali	ausreichend	für	eine	Produktion	von	30	Ztr.	Roggen
Kalk	"	"	"	"	"	50	"	"
Phosphorsäure	"	"	"	"	"	25	"	"
Stickstoff	"	"	"	"	"	15	"	"

so würde der Boden nur 15 Ztr. in der Ernte liefern können. Düngen wir nun reichlich mit Stickstoff, so würden wir 25 Ztr. ernten können. Um den Ertrag noch weiter zu steigern, müssen wir Phosphorsäure geben und könnten dann einen Ertrag von 30 Ztr. erzielen.

Hieraus geht schon hervor, daß wir von einer besonderen Bedeutung eines Pflanzennährstoffs eigentlich nicht sprechen können, und scheint es demnach ungerechtfertigt, einen dieser Nährstoffe herauszugreifen und gesondert zu betrachten. Wenn wir aber trotzdem hier den Stickstoff für sich ohne Berücksichtigung der übrigen Nährstoffe behandeln wollen, so hat dies eine Berechtigung, da der Stickstoff eine eigentümliche Rolle im Nährstoffhaushalt unserer Pflanzen spielt. Er befindet sich fast überall den andern Nährstoffen gegenüber im Minimum und ist im Boden so verschiedenartigen Einflüssen unterworfen, durch die er den Pflanzen verloren gehen oder zugänglich werden kann, so daß wir gerade der Stickstoffdüngung unsere ganze Aufmerksamkeit widmen müssen. Dabei ist der Stickstoff der teuerste Pflanzennährstoff und sind wir, um den Bedarf unserer Kulturgewächse zu decken, zum größten Teil vorläufig aufs Ausland angewiesen. Andererseits finden wir in der uns umgebenden Luft ungeheure Mengen Stickstoff vor, doch haben sich diese bisher allen Annäherungsversuchen gegenüber so spröde verhalten, daß wir gleichsam Tantalusqualen ausstehen, indem der Stickstoff, der uns im Acker fehlt, unmittelbar darüber, aber doch unerreichbar, im Überfluß vorhanden ist. Unerreichbar ist heute allerdings schon zu viel gesagt, denn, abgesehen von den Mitteln der Technik, können wir jetzt auch in der landwirtschaftlichen Praxis etwas, wenn auch vorläufig noch nicht viel, aus diesem unversiegbar fließenden Quell schöpfen. Durch die wissen-

schaftliche Forschungsarbeit sind wir über die verschiedenen Wandlungen, denen der Stickstoff im Boden, in erster Linie unter dem Einfluß von Bakterien, unterworfen ist, soweit unterrichtet, daß wir uns mit unsern wirtschaftlichen Maßnahmen danach richten können, um uns einmal vor Verlusten zu schützen und andererseits den Ersatz dieses Nährstoffes in der für uns vorteilhaftesten und billigsten Weise auszuführen.

B. Die Erhaltung des Stickstoffs im Stallmist für die Pflanzenernährung.

Schon seit Urzeiten wurden in der Landwirtschaft die Exkremente zu Düngungszwecken verwandt, da man ihre vorteilhafte Wirkung auf das Pflanzenwachstum erkannt hatte. Wodurch diese verursacht wurde, wußte man allerdings nicht. Da kam Thaer auf Grund seiner Humustheorie zu der Ansicht, daß durch den Stallmist der Humusgehalt und damit auch der Nährstoffgehalt des Bodens vermehrt würde. Einen ganz entgegengesetzten Standpunkt vertrat dann später Liebig, der dem Stallmist einen großen Teil seiner Bedeutung aberkannte. Erst durch die spätere Forschung, besonders als man das Vorhandensein und die Bedeutung der kleinsten Lebewesen, der Bakterien, erkannt hatte, ist in diese Frage Licht gebracht worden und wir wissen heute, daß der Stallmist einmal alle wichtigen Pflanzennährstoffe enthält und außerdem einen günstigen Einfluß auf die physikalische Beschaffenheit des Bodens hat.

Von den im Stallmist enthaltenen Nährstoffen interessiert uns hier nur der Stickstoff, wobei ich aber gleich bemerken möchte, daß der Hauptwert des Stalldüngers nicht allein in seinem Stickstoffgehalt liegt, sondern vor allem darin, daß er alle Nährstoffe enthält und besonders auch in seinem günstigen Einfluß auf die Bodenbeschaffenheit und seinem hohen Gehalt an Mikroorganismen.

Die Hauptmenge der Stickstoffverbindungen ist in den flüssigen Exkrementen enthalten, während die festen Exkremente ärmer an Stickstoff, dafür aber reicher an Phosphorsäure sind. Die günstigste Nährstoffversorgung des Ackers erzielen wir also, wenn wir feste und flüssige Exkremente, letztere von der Einstreu aufgesogen, zusammen auf das Feld bringen.

Nun ist es eine ziemlich lange bekannte Tatsache, daß ein großer Teil des Stickstoffs aus dem Stallmist verschwindet, während er auf der Dungstätte lagert. Daß diese Verluste sehr beträchtlich sein können, hat die analytische Untersuchung gezeigt. Um die Mittel und Wege zu finden, um diese Verluste zu verhüten, war es die erste Frage: woher kommen sie? Man suchte sie zunächst durch rein chemische Umsetzungen zu erklären, kam damit jedoch nicht zum Ziel. Da fand man, daß in sterilem Dünger und

Jauche die Verluste ausblieben, also mußten die Mikroorganismen die Ursache sein. Nun richtete man sein Augenmerk genauer auf diese, um so den Weg zur Erhaltung des Stickstoffs im Stalldünger zu finden und versuchte einfach durch Desinfektion des Düngers, durch Zusatz von keimtötenden Mitteln, zum Ziel zu gelangen. Dabei berücksichtigte man aber wieder nicht, daß der Dünger nicht nur stickstoffentbindende Bakterien enthält, sondern auch noch eine große Anzahl anderer Mikroben, deren Tätigkeit von großem Nutzen für uns ist, und diese würden ja auch alle mit abgetötet werden. Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß der Dünger auf dem Acker am besten wirkt, wenn er auf der Düngerstätte einen gewissen Reifezustand erreicht hat, und dieser Zustand wird durch die zersetzende Tätigkeit von bestimmten Bakterien herbeigeführt, auf die näher einzugehen, nicht im Rahmen dieser Abhandlung liegt. Jedenfalls ist ihre Tätigkeit von so großer Bedeutung, daß wir den Wert des Düngers ganz erheblich herabsetzen würden, wenn wir sie alle abtöten, auch wenn uns dadurch aller Stickstoff erhalten bliebe.

So waren also von vornherein die Vorbedingungen für die Möglichkeit einer Stickstofferhaltung durch Zusatz von desinfizierenden Mitteln nicht sehr günstig. Man hat aber trotzdem weitgehende Versuche damit angestellt und die verschiedensten Mittel dazu gebraucht. Das Resultat ist durchweg als ein negatives anzusehen. Bei Zusatz von sauer reagierenden Stoffen, wie Schwefelsäure, Superphosphatgips und anderen trat eine wesentliche Verringerung der Stickstoffverluste erst ein, wenn man soviel zufügte, daß der ganze Dünger sauer reagierte. Dadurch wurde aber wieder die ganze Beschaffenheit so ungünstig beeinflußt, daß die Wirksamkeit des Düngers eine bedeutend schlechtere wurde. Von der Industrie wurden dann unter Anwendung großer Reklame noch eine ganze Reihe von Mitteln in den Handel gebracht, wie Sanatol, Automors und andere mehr, die auch weiter nichts sind, wie Schwefelsäurepräparate, die vor der Verwendung reiner Schwefelsäure nur den Vorteil haben, daß sie in der Handhabung ungefährlicher sind. Dafür sind sie aber viel zu teuer und man hat berechnet, daß ein Kilogramm auf diese Weise erhaltener Stickstoff ungefähr 6 M. kostet gegenüber etwa 1,40 M. im Chilesalpeter. Zur Belohnung hat man dann noch einen weniger wirksamen Dünger.

Auf diesem Weg war also nicht zum Ziele zu gelangen und es blieb zunächst nur noch die Möglichkeit, den nun einmal frei gewordenen Stickstoff wieder zu binden und so festzuhalten. Dies wäre möglich, wenn der Stickstoff in Form von Ammoniak entweicht und das ist ja auch tatsächlich der Fall, wie man sich leicht durch den Geruch im Stall und auf der Dungstätte überzeugen kann. Aber das ist doch nur ein Teil des Stickstoffs, und ein großer Teil geht als freier atmosphärischer Stickstoff in die Luft. Auf

welche Weise dieser freie Stickstoff entsteht, ist noch nicht ganz geklärt. Jedenfalls entwickelt er sich am stärksten bei mit Erdeinstreu gewonnenem Dünger und erklärt man sich das damit, daß in einem solchen Dünger die nitrifizierenden Bakterien, d. h. die Bakterien, die den Stickstoff aus den organischen Verbindungen in Salpeter überführen, eine rege Tätigkeit entwickeln und den Stickstoff in eine für die denitrifizierenden Bakterien, d. h. die Bakterien, die aus dem Salpeter den elementaren Stickstoff freimachen,[1]) zersetzbare Form bringen und durch diese der Stickstoff frei wird. Da aber in einem Stallmist, der mit Strohstreu gewonnen ist, die Tätigkeit von nitrifizierenden Bakterien nicht sehr wahrscheinlich ist und ohne diese auch die denitrifizierenden Bakterien ihre Tätigkeit nicht entfalten können, so spielen hier wahrscheinlich andere Mikroben mit, über deren Wirksamkeit und Lebensbedingungen wir noch keine genauen Untersuchungsresultate besitzen. Uns interessiert hier ja auch hauptsächlich die Tatsache, daß freier Stickstoff entweicht, und dieser ist unrettbar verloren. Man hat also nur die Möglichkeit, einen Teil des Stickstoffs durch Zusatz von chemischen Mitteln festzuhalten, die das entweichende Ammoniak wieder binden.

Es ist also erwiesen, daß eine Konservierung des Stalldüngers mit chemischen Mitteln keinen großen Vorteil, oft sogar Schaden bringt. Entweder sind sie gänzlich unwirksam, helfen sie aber wirklich etwas, so wirken sie in andrer Hinsicht nachteilig auf die Beschaffenheit des Düngers ein oder sind so teuer, daß man bei ihrer Anwendung keinen Gewinn, sondern meist einen recht bedeutenden Verlust hat. Leider sind diese Tatsachen in der Praxis noch viel zu wenig bekannt, und lassen sich viele durch geschickt angelegte Reklame oder durch Referate, die von sehr einseitigem Standpunkt aus geschrieben sind, bewegen, ihren Dünger, obwohl sie die beste Absicht dabei haben, zu verderben und viel Geld zum Fenster hinauszuwerfen. Andererseits ist aber auch anzuerkennen, daß, wie in manchen andern Dingen, viele Praktiker schon, ehe die Wissenschaft dahinter kam, das Nachteilige dieser Methoden erkannt haben und dementsprechend handeln.

Nun wird man sich die Frage vorlegen, ob es denn überhaupt möglich ist, den Stickstoff im Stallmist zu erhalten. Vollkommen vor Verlust können wir uns allerdings nicht schützen, aber wir können ihn doch auf ein Mindestmaß herabdrücken. Man kennt dazu jetzt verschiedene Wege, wie die Anwendung einer geeigneten Einstreu und eine gute, zweckentsprechende Behandlung auf der Dungstätte, oder besondere Formen der Aufbewahrung, die ich weiter unten erwähnen werde.

Die jetzt noch fast allgemein übliche Form der Düngeraufbewahrung,

---

[1]) Über diese verschiedenen Bakterien werden wir in Abschnitt C eingehender zu sprechen haben.

abgesehen vom Tiefstallverfahren, besteht darin, daß man in die Viehstände Stroh, meist ungeschnitten, einstreut. Mit diesem Streustroh vermengen sich die festen Exkremente, und bis zu einem gewissen Grade werden die flüssigen Exkremente aufgesogen. Der Überschuß fließt ab und wird in besonderen Jauchegruben aufbewahrt. Auf der Dungstätte bleibt der Dünger oft liegen, wie er aus dem Stall dorthin gebracht worden ist, ohne daß für eine feste Lagerung Sorge getragen wird. Wo so verfahren wird, sind die Verluste natürlich ganz ungeheuer. Am stiefmütterlichsten wird meist die Jauche behandelt. Wie oft sieht man auf dem Hof einer sonst gut geleiteten Wirtschaft um die Dungstätte herum große Pfützen Jauche stehen oder sie fließt gar in Strömen fort auf die Straße oder in den Ententeich. Das ist natürlich eine ganz unverzeihliche Verschwendung und es wird jetzt Gott sei Dank schon der Anfang gemacht, diesem Unwesen durch behördliche Anordnungen zu steuern. Gehen doch, ganz abgesehen von den hygienischen Gefahren, dadurch unberechenbare Werte verloren, die dann durch Einfuhr von Stickstoff in Form von Salpeter aus dem Ausland wieder ersetzt werden müssen. Der Wert des durch eine derartige Behandlung des Mistes und der Jauche in ganz Deutschland verloren gegangenen Stickstoffs ist viel, viel größer als der Wert des eingeführten Salpeterstickstoffs. Im Jahre 1912 haben wir für 179 Millionen Mark Salpeter importiert und damit zum Teil den Stickstoff ersetzen müssen, den wir haben verloren gehen lassen. Daraus geht auch die hohe volkswirtschaftliche Bedeutung hervor, die eine allgemeine sorgfältigere Behandlung des Düngers hat.

Von den allgemein gebräuchlichen Arten der Düngeraufbewahrung hat sich von jeher als besonders vorteilhaft der Tiefstall erwiesen. Die Stickstoffverluste sind in diesem Fall bedeutend geringer als draußen auf der Dungstätte und der so gewonnene Dünger zeigt auf dem Acker ganz vorzügliche Eigenschaften. Aber der Tiefstall hat auch seine großen Bedenken. Erstens einmal sollte er nie in Milchviehställen zur Anwendung kommen, da die Euter der Tiere in bedeutend stärkerem Maße infiziert werden können, als in einem Stall, der ständig ausgemistet und mit frischer Einstreu versehen wird. Dann ist auch die Luft in einem Tiefstall stets eine weniger gute und pflegt der ganze Gesundheitszustand der Tiere kein so guter zu sein. Besonders am Platze ist das Tiefstallverfahren in Schafställen und in Mastviehställen. Man findet auf vielen Gütern, daß Stiere und junge Bullen zur Mast aufgestellt werden, weniger der Fleischproduktion als der Düngerproduktion wegen. In diesem Fall wird es stets das einzig richtige sein, die Tiere im Stall frei herumlaufen zu lassen und den Stall als Tiefstall einzurichten. So wird es einem gelingen, einen großen Teil des Stickstoffs, an dem ja gerade Mastviehdünger infolge der guten Fütterung reich ist, zu erhalten und aufs Feld zu bringen.

Aber, wie gesagt, für alle Fälle ist der Tiefstall nicht angebracht. Um den Stickstoff auch bei der Aufbewahrung auf der Dungstätte und vor dem Ausmisten im Stall zu erhalten, muß man zunächst seine Aufmerksamkeit auf die Einstreu richten. Die Hauptanforderung, die man an die Einstreu stellen muß, ist ein hohes Aufsaugevermögen. Daher ist es schon vorteilhafter, Stroh zu verwenden, das in 10—20 cm lange Stücke geschnitten ist, da dadurch das Absorptionsvermögen etwa verdoppelt wird. Große Vorzüge vor der Stroheinstreu hat aber die Torfstreu, deren Anwendung jetzt in immer ausgedehnterem Maße stattfindet.

Die Verwendung des Torfes zu Meliorationszwecken ist schon ziemlich alt. A. Röder-Lichtenberg fuhr Mitte vorigen Jahrhunderts Torf direkt auf den Acker und trat sehr für eine derartige Verwendung des Torfes ein. Ein gleiches versuchte mein Großvater, G. Neuhauß-Selchow, doch blieb hier ein Erfolg zunächst aus. Vom Jahre 1870 an wurde dann in Selchow Torf unter den Dünger in die Dungstätte gepackt, um dort die Jauche aufzusaugen und so zu ermöglichen, daß diese mit dem Dünger zusammen aufs Feld gebracht wird. Der Erfolg war ein recht guter bei den damaligen Ertragsverhältnissen, da die Stickstoffzufuhr auf den Acker bedeutend verstärkt wurde und die physikalische Beschaffenheit des humusarmen Sandbodens sehr günstig beeinflußt wurde. Von diesem Verfahren wurde später von meinem Vater wieder Abstand genommen, da sich doch, als man gelernt hatte, die Felderträge auf andere Weise bedeutend zu steigern, eine nachteilige Wirkung herausstellte. Die Ursache hierfür muß darin gesucht werden, daß erstens einmal der Torf einen hohen Gehalt an Eisenoxydul hatte und dann, da er zum großen Teil unter Wasser lag, sehr sauer war. Dadurch wirkte er schädigend auf die Beschaffenheit des Düngers ein. Diese und andere schlechte Erfahrungen, die auf denselben Ursachen beruhten, brachten die ganze Anwendung von Torf zur Düngergewinnung in Mißkredit und erschweren auch heute noch die Einführung der Torfstreu. Es werden die ungünstigen Eigenschaften, die einzelne Torfarten haben, dem Torf ganz allgemein zugeschrieben. Durch Untersuchungen und Versuche der neueren Zeit ist aber so gut wie sicher nachgewiesen, daß die Anwendung eines guten Torfes zur Düngergewinnung, besonders als direkte Einstreu im Stall, ganz bedeutende Vorzüge vor dem Stroh aufweist.

Das beste Material liefern die oberen Schichten der Hochmoore, die zum größten Teil aus halbverwesten Pflanzenteilen bestehen. Dieser Torf wird zerkleinert, gesiebt und in Ballen gepreßt in den Handel gebracht. Im allgemeinen ist der Torf arm an mineralischen Pflanzennährstoffen, doch hat er einen ziemlich hohen Stickstoffgehalt. Der Hauptwert des Torfes besteht aber darin, daß er ein sehr großes Absorptionsvermögen für Flüssigkeiten und Gase besitzt. Die gut zerkleinerte Torfstreu vermag etwa das 7fache

ihres Gewichtes aufzunehmen, während Stroh das 2—3fache aufsaugt. Somit ist also die Gefahr von mechanischen Verlusten durch Fortlaufen der wertvollen Jauche sehr herabgesetzt, da man bei Anwendung der Torfstreu die Möglichkeit hat, alle Jauche aufzusaugen und mit dem festen Dünger zusammen aufs Feld zu bringen. Man spart infolgedessen die Arbeit besonderer Jaucheausfuhr, die meist sehr kostspielig ist und in der Regel nur nach Feldern stattzufinden pflegt, die in der Nähe des Hofes liegen, so daß diese oft mehr bekommen als wirklich verwertet werden kann, während die weiter abliegenden Schläge zu kurz kommen. Dann erübrigt sich auch das Berieseln des Düngers, da er in dem Torf eine ausreichende Menge Feuchtigkeit mit auf die Düngerstätte bringt. Besonders das noch mancherorts geübte Bespritzen des Düngers mit der abgelaufenen Jauche, bei dem so enorme Verluste eintreten, kann ganz fortfallen.

Nun kommt aber die wichtige Frage: Wie steht es mit den Stickstoffverlusten in einem mit Torfstreu gewonnenen Dünger. Es liegen zur Beantwortung dieser Frage eine ganze Reihe von Untersuchungen vor, die alle den Beweis erbringen, daß man mittels der Torfstreu die N-Verluste auf ein Mindestmaß herabsetzen kann, wie es durch kein Konservierungsmittel gelingt. Ich will hier nur diesbezügliche Versuche erwähnen, die in Berlin angestellt worden sind:

Die Stickstoffverluste betrugen ohne Konservierungsmittel	27,1 %	im Winter
" " " " "	40,5 "	" Sommer
bei Anwendung von 2 kg Superphosphatgips pro 1000 kg Lebendgewicht	26,3 "	" Winter
bei Anwendung von 3 kg Superphosphatgips pro 1000 kg Lebendgewicht	11,6 "	" "
bei Anwendung von 1,5 kg Kainit pro 1000 kg Lebendgewicht, nur auf der Dungstätte	30,4 "	" "
bei Anwendung von 0,75 kg Schwefelsäure pro Kopf auf der Dungstätte	20,5 "	" Sommer
bei Anwendung von 3 kg Torfstreu pro Kopf . . .	7,2 "	" Sommer und Winter.

Von anderer Seite angestellte Versuche haben ähnliche Resultate ergeben und haben einerseits die Unzweckmäßigkeit der Anwendung von chemischen Konservierungsmitteln, andererseits die außerordentlich günstige Wirkung der Torfstreu gezeigt.

Bei den chemischen Konservierungsmitteln sahen wir außerdem noch die nachteilige Wirkung auf die Beschaffenheit des Stalldüngers, und es liegt der Gedanke nahe, daß bei der Torfstreu der Stickstoffgewinn auch auf Kosten der Beschaffenheit des Düngers und seiner günstigen Wirkung auf den Acker zustande kommt. Es wurde und wird jetzt noch vielfach das Be-

denken geäußert, daß der Torf die Tätigkeit der Bakterien hemme und so bewirke, daß der Dünger nicht die gehörige Reife erlange, und daß auch auf dem Felde die Bodenbakterien nachteilig beeinflußt würden. So ist doch schon empfohlen worden, Torf zu antiseptischen Verbänden zu verwenden. Durch Versuche ist nun festgestellt worden, daß der Torf auf gewisse Bakterien, besonders auf die pathogenen, schädlich einwirkt, dagegen andere, und dazu gehören gerade die auf dem Acker wichtigen Bakterien, durch den Torf in keiner Weise nachteilig beeinflußt werden. Eine durch die Humussäure hervorgerufene schädliche Wirkung würde auch schon dadurch so gut wie aufgehoben werden, daß die Humussäure durch die Alkalien im Boden und Dünger und durch das entstehende Ammoniak neutralisiert wird. Auch ein mit Torf gewonnener Dünger reagiert vollkommen alkalisch, hat somit gerade die für die Bakterienentwicklung günstige Eigenschaft.

Die vielerseits gehegte Befürchtung, man desinfiziere seinen Stalldünger durch den Torf, ist also grundlos. Auch die stickstofferhaltende Wirkung des Torfes darf man nicht in erster Linie damit erklären, daß er die Tätigkeit der stickstoffentbindenden Bakterien einschränkt, sondern hauptsächlich durch sein hohes Absorptionsvermögen. In wie hohem Maße Torf das sich verflüchtigende Ammoniak festhält, hat folgender Versuch gezeigt. Es wurden 10 g Torfstreu mit 10 ccm einer Ammoniaklösung verrührt und 48 Stunden in einer verschlossenen Flasche aufbewahrt, dann wurde der Torf auf einem Filter mit Wasser ausgewaschen, bis der Ammoniakgeruch vollständig verschwunden war. Bei der Untersuchung enthielt der Torf, der vorher 0,529 % Stickstoff enthalten hatte, 1,209 %.

Auch der Verlust an elementarem Stickstoff im Dünger wird durch die Torfstreu herabgesetzt, und zwar erklärt man sich dies so: An der Oberfläche des Düngers, wo reichlicher Luftzutritt stattfindet, entsteht durch Bakterientätigkeit aus den organischen Stickstoffverbindungen Salpeter. Wird dieser nun durch Aufpacken neuer Schichten frischen Mistes von der Luft abgeschlossen, so tritt Sauerstoffmangel ein, und die denitrifizierenden Bakterien können in Tätigkeit treten. Diese brauchen aber als Kohlenstoffquelle komplizierte organische Verbindungen, wie sie sie zum Beispiel im Stroh finden. In der Torfstreu finden die Bakterien aber keine für sie günstigen Kohlenstoffverbindungen, da hier die organische Substanz schon in ziemlich weitgehendem Maße zersetzt ist. Auf diese Weise bleibt also der gebildete Salpeter zum großen Teil erhalten, während er im Strohdünger fast ganz verloren geht.

Durch vergleichende Düngungsversuche auf dem Felde und durch Topfversuche ist nun auch die Wirkung des Torfdüngers im Vergleich zum Strohdünger in Bezug auf das Pflanzenwachstum untersucht worden, und es hat sich herausgestellt, daß die Erträge stets auf den Torfdüngerparzellen

beträchtlich höher waren als auf den Strohdüngerparzellen. Bei Anwendung von durch kombinierte Torf- und Stroheinstreu gewonnenem Dünger standen die Erträge in der Mitte, in der Regel aber den Torfdüngerparzellen näher. Das war ganz besonders auf leichteren Böden der Fall, doch auch auf schwereren Lehmböden hat sich die günstigere Wirkung deutlich gezeigt. Auch betreffs der Nachwirkung hat sich der Torfdünger in einer ganzen Reihe von Versuchen dem Strohdünger überlegen gezeigt.

Es würde mich zu weit führen, hier die ganzen Untersuchungsresultate anzuführen. Sie sind an verschiedenen Orten veröffentlicht; besonders interessante Aufschlüsse gibt: Huflage, Vergleichende Düngungsversuche mit Torfstreu und Strohdünger, Dissertation Leipzig 1904.

Auf dem Acker läßt sich der Torfdünger viel gleichmäßiger verteilen und unterbringen als der Strohdünger. Infolgedessen zersetzt er sich auch gleichmäßiger und ein Vertorfen, wie man es manchmal bei Strohdünger, der in größeren zusammenhängenden Massen untergepflügt worden ist, beobachtet, wird nicht vorkommen.

Ferner wird der Acker beim Torfdünger viel eher zur Ruhe kommen. Ein Strohdünger nimmt bei der Zersetzung im Boden bedeutend an Volumen ab und bewirkt ständig Verschiebungen im Acker. Dies wird um so stärker der Fall sein und um so länger dauern, je weniger zersetzt der Dünger auf der Dungstätte war, und je größere Strohmassen auf den Acker kommen. Daß dieser Zustand sehr nachteilig auf die Pflanzenwurzeln wirken muß, ist klar, besonders wenn der Dünger erst kurz vor der Bestellung untergebracht ist und das Setzen des Bodens noch vor sich geht, wenn die Pflanzenwurzeln schon entwickelt sind. Dieser Übelstand ist beim Torfstreudünger viel geringer, da er sich schneller zersetzt und sein Volumen, das schon ursprünglich ein geringeres ist, nicht in dem Maße verändert. Überhaupt ist bei Anwendung des Torfstreudüngers die erwünschte Krümelstruktur viel leichter zu erreichen.

Die Anwendung der Torfstreu kann auf verschiedenerlei Weise geschehen. Entweder kann man den Torf allein ohne Stroh verwenden. Ein so gewonnener Dünger hat bei den Versuchen die besten Eigenschaften gezeigt. Oder aber man kann Torf und Stroh zusammen als Einstreu verwenden, und ich glaube, daß diese Methode, obgleich der Dünger in diesem Fall nicht ganz die guten Eigenschaften des reinen Torfstreudüngers hat, die empfehlenswertere ist. Man würde dann entweder eine Unterlage aus Torfstreu in die Viehstände bringen und darauf eine Schicht Stroh oder in den Stand nur die übliche Strohstreu und hinter den Ständen die etwas vertieften Jaucherinnen mit Torf ausfüllen, der dann die flüssigen Exkremente aufsaugt. Die Strohstreu mit den festen Exkrementen wird mit dem mit Jauche gesättigten Torf beim Ausmisten vermengt und erfüllt er so voll-

kommen seine Aufgabe. Diese kombinierte Einstreu hat den Vorzug, daß die Tiere ein wärmeres und angenehmeres Lager haben und daß vermieden wird, daß sich Torfteilchen an den Tieren, besonders am Euter, festsetzen. Im übrigen sind die hygienischen Vorteile einer Torfeinstreu längst erkannt.

Das einzige ernste Bedenken, das man gegen die Anwendung der Torfstreu haben kann, ist die Frage, was man mit dem Stroh machen soll. Hinfällig ist dies Bedenken bei der kombinierten Stroh- und Torfeinstreu, bei der der Strohverbrauch der reinen Stroheinstreu wenig nachstehen wird, da der Torf hier nur den Zweck hat, den Überschuß an Jauche aufzusaugen. Will man aber weniger Stroh und mehr Torf zur Einstreu verwenden, so kann man einer Überproduktion an Stroh zum Teil dadurch begegnen, daß man beim Getreidebau mehr Wert auf eine hohe Körnerproduktion legt und besonders beim Roggen Sorten mit kurzem Stroh vorzieht. Wo man heute noch, um Stroh zu gewinnen, Wert auf Sorten mit langem Stroh legt, geht die höhere Produktion an Stroh stets auf Kosten der Körnerproduktion. Kurzstrohige Sorten pflegen immer einen höheren Körnerertrag zu geben und erleichtern außerdem bei der Ernte die Arbeit nicht unbedeutend.

Im allgemeinen hat die Torfstreu so eminente Vorzüge, daß zu wünschen wäre, daß ihre Anwendung recht bald eine weitere Verbreitung in der Landwirtschaft findet. Jedenfalls ist sie das beste Mittel, den wertvollen Stickstoff im Stalldünger in hohem Maße dem Acker zugute kommen zu lassen, ohne daß in dem Wirtschaftsbetrieb größere Änderungen vorgenommen werden müssen, wie sie die Verfahren, die ich weiter unten noch behandeln will, mit sich bringen.

Von großer Bedeutung für die Stickstofferhaltung im Stalldünger ist dann die Behandlung auf der Dungstätte. Die Grundbedingungen sind feste Lagerung, so daß die Luft nicht eindringen kann, und ein geeigneter Feuchtigkeitsgrad. Die Oberfläche ist möglichst klein zu gestalten. Daher ist es ratsam, beim Ausmisten den Dünger in der leeren Dungstätte nicht sofort auf der ganzen Fläche zu verbreiten, sondern an einer Seite anfangend, den Dünger immer gleich bis zu einer gewissen Höhe zu packen, so daß er mit einer möglichst geringen Oberfläche mit der Luft in Berührung steht.

Dann muß vor allem darauf gesehen werden, daß der Dünger sofort nach jedem Ausmisten sauber planiert und möglichst auch festgetreten wird. Es wird sich in der Praxis nicht immer durchführen lassen, daß der Dünger täglich von Zugtieren zusammengetreten wird, obgleich dies für die Gewinnung eines guten Düngers von größter Wichtigkeit ist. In sehr praktischer Weise geschieht dies an vielen Orten dadurch, daß man täglich für einige Zeit Vieh auf der eingezäunten Dungstätte sich tummeln läßt.

In manchen Wirtschaften sieht man, daß der Dünger auf die Dungstätte gebracht und dort etwas planiert wird, im übrigen aber so liegen

bleibt, wie er sich selbst lagert. Dann werden 1—2 Tage vor dem Ausfahren Ochsen oder Pferde darauf gebracht, um den Dünger festzutreten. Das hat natürlich auf die Qualität des Düngers keinen Einfluß mehr, sondern hat nur den Wert, daß Zugtiere und Wagen auf der Dungstätte nicht zu sehr einsinken. Das schlimmste ist aber, daß dann auf den Dünger die Jauche vermittels einer Druckpumpe gespritzt wird, um auf diese Weise die Jauche gleichzeitig mit dem Mist aufs Feld zu bringen. Die Jauche ist bekanntlich der Hauptträger des Stickstoffs und ist deshalb ganz besonders vorsichtig zu behandeln. In der Jauchengrube treten schon bei dem gewöhnlichen Aufbewahrungsverfahren ganz enorme Verluste ein. Bringt man sie dann zum Schluß aber noch in einem fein zerstäubten Strahl in ungeheurer Oberfläche mit der Luft in Berührung, so muß auch von dem Rest des übrig gebliebenen Stickstoffs noch der größte Teil verloren gehen, da die Bakterien von neuem angeregt werden, und die Möglichkeit der Ammoniakverdunstung die denkbar günstigste ist. Kommt dann die Jauche auf den Dünger, so sickert sie ein und bildet kleine Kanäle, durch die sie tief hinein in die Düngermasse Luft saugt. Außerdem nimmt die Jauche den an der Oberfläche des Düngers gebildeten Salpeter — im Innern verhindern wir durch Luftabschluß die Salpeterbildung — mit in die tieferen Schichten, wo er rettungslos den denitrifizierenden Bakterien zum Opfer fällt, die aus ihm den Stickstoff in Form von freiem elementarem Stickstoff entbinden und in die Luft entweichen lassen. Auf diese Weise verliert dann auch der Dünger große Mengen Stickstoff.

Ist das Jauchespritzen schon sehr schädlich kurz vor der Düngerausfuhr, so ist der Verlust natürlich ungleich größer, wenn dies Verfahren öfter wiederholt wird, während der Mist auf der Dungstätte lagert.

Ergibt sich die Notwendigkeit, den Dünger ab und zu anzufeuchten, so hat dies stets durch einfaches Berieseln, niemals durch Spritzen zu geschehen.

Am vorteilhaftesten wird es stets sein, wenn man eine Einstreu wählt, die möglichst viel Jauche im Stall aufsaugt und auf diese Weise ein genügendes Feuchtigkeitsquantum auf die Dungstätte mitbringt. Am vollkommensten erreicht man dies mit der Torfstreu, die, in genügender Menge angewandt, alle Jauche aufzunehmen vermag, und so einmal eine besondere Ausfuhr der Jauche, deren Nachteile wir schon gesehen haben, erübrigt und den Dünger stets genügend feucht hält, so daß ein Bespritzen oder Berieseln überflüssig wird.

Ein gewisser Feuchtigkeitsgrad ist für die Gewinnung eines gut wirksamen Düngers unbedingt erforderlich, doch gibt es auch da eine Grenze, die nicht überschritten werden darf. Bei zu nassem Dünger, besonders wenn er in seinen unteren Schichten in der Jauche schwimmt, hat man eine be-

deutend geringere Wirksamkeit beobachtet. Dieser Gefahr kann man durch eine genügend starke Einstreu entgegentreten.

Um Witterungseinflüsse, wie Beregnen oder zu starke Sonnenbestrahlung, die beide unvorteilhaft auf den Dünger einwirken, fernzuhalten, wird empfohlen, die Dungstätte zu überdachen. Über den Wert einer solchen Bedachung sind in Lauchstädt Versuche angestellt worden, doch hat sich hier gezeigt, daß dies zwar für den Dünger sehr vorteilhaft ist, doch nicht in dem Maße, daß es eine derartige, immerhin recht kostspielige Anlage rentabel erscheinen läßt. Von Rümker, der auch Untersuchungen über diese Frage angestellt hat, kommt dagegen zu dem Schluß, daß eine Überdachung der Dungstätte von so großem Nutzen ist, daß sich diese Erhöhung der Anlage- und Unterhaltungskosten reichlich bezahlt macht.

In der neueren Zeit kommt nun eine ganz andere Methode der Düngerbehandlung immer mehr in Aufnahme und macht viel von sich reden. Das ist die streng getrennte Aufbewahrung von festen und flüssigen Exkrementen. Der Gedanke an sich ist nicht neu. Er ist schon im Jahre 1882 von Dietzel angeregt und von Soxhlet eifrig vertreten worden. In der neusten Zeit ist dies Verfahren dann besonders durch die Arbeiten von Ortmann-Schependorf in den Vordergrund getreten, der durch sinnreiche Anordnung von Jaucherinnen und Sammelbehälter diese Methode in eine für die Praxis gut verwendbare Form gebracht hat. Die Jauche bleibt dabei von dem Augenblick, wo sie den Viehstand verläßt, bis zum Ausfahren auf das Feld unter völligem Luftabschluß. Ich möchte hier nur die Veröffentlichungen in den Mitteilungen der D. L.-G. 1909 und 1913 und in Fühlings Landwirtschaftlicher Zeitung 1913, Heft 10, hinweisen, wo die Vorzüge dieses Verfahrens hinlänglich dargelegt sind. Das Verfahren selbst hat sich Ortmann patentamtlich schützen lassen.

Mir sei es hier nur gestattet, kurz auf die Bedenken, die man gegen dies System haben kann, hinzuweisen. Daß Stickstoffverlusten in der Jauche hierbei in ganz hervorragendem Maße entgegengearbeitet wird, ist nicht zu leugnen und ist durch die analytischen Untersuchungen bewiesen. Sie sind so gering, fast Null, daß dadurch, wenn die dagegen zu erhebenden Bedenken zerstreut werden können, die Anlage sehr rentabel erscheint.

Zu überlegen ist in erster Linie, wie die Wirksamkeit des nach dieser Methode gewonnenen Düngers auf dem Felde ist. Man findet in den Veröffentlichungen über dieses System eine ganze Reihe von Untersuchungen im chemischen Laboratorium, aber Berichte über Felddüngungsversuche, vor allem darüber, wie weit der Stickstoff von den Pflanzen ausgenutzt wird, habe ich in den Aufsätzen nicht gefunden. Man muß den Wert des Stalldüngers stets von zwei Gesichtspunkten beurteilen, einmal bezüglich seines Nährstoff-, besonders seines Stickstoffgehalts, dann aber auch hinsichtlich

seines wohltätigen Einflusses auf die Bodenbeschaffenheit und die Mikroben im Acker, wobei die Bedeutung des letzten Gesichtspunktes nicht zu unterschätzen ist. Durch die organische Substanz der Einstreu wird, wie wir nachher noch genauer sehen werden, die Bakterientätigkeit im Boden in ganz besonderer Weise beeinflußt. Nach dem Schependorfer Verfahren wird nun, da die Jauche ja sofort getrennt abfließt, sehr wenig Einstreu gebraucht, die doch sonst den Zweck hat, die flüssigen Exkremente aufzusaugen. Auf diese Weise wird dem Acker sehr viel weniger organische Substanz zugeführt, hält man aber wieder die Stärke der Einstreu auf der alten Höhe, so erhält man einen sehr trockenen Dünger, der, um auf der Dungstätte die richtige Reife zu erlangen, befeuchtet werden muß. Da die Schependorfer Jauche aber nur direkt auf dem Acker angewandt werden soll, muß man hierzu Wasser verwenden. Ob da der Dünger eine so wirksame Beschaffenheit erlangt, scheint sehr zweifelhaft.

Ein rein praktischer Nachteil des Ortmannschen Verfahrens gegenüber dem Torfstreuverfahren ist, daß Jauche und Dünger getrennt ausgefahren werden müssen. Es tritt auf diese Weise eine nicht unbedeutende Verteuerung des Betriebes ein, die mit der Entfernung der Felder vom Hofe steigt.

Kommt nun die Jauche aufs Feld, so soll sie möglichst schnell untergebracht werden. Wir wollen annehmen, daß sich das durchführen läßt, obgleich das sehr oft große Schwierigkeiten machen wird. Geschieht dies aber nicht, so treten jetzt, da die Jauche fein verteilt auf den Acker mit großer Oberfläche mit der Luft in Berührung steht, starke Verluste an dem so mühsam bewahrten Stickstoff auf. Um das zu vermeiden, schlägt Herr Ortmann allerhand Konservierungsmittel vor, deren Nachteile wir aber schon weiter oben besprochen haben. Sie müssen auch hier schädigend auf die Bodenbakterien wirken.

Ist die Jauche untergebracht, so muß, da der Boden gut durchlüftet und organische Substanz nur in geringem Maß vorhanden ist, die Nitrifikation mit aller Energie einsetzen.[1]) Kommen dann stärkere Niederschläge, so wird der so schnell gebildete Salpeter rettungslos in den Untergrund abgeschwemmt, geht also für die Pflanzenernährung verloren. Zur Wirkung kann er nur kommen, wenn er sofort von den Pflanzenwurzeln verwertet werden kann, d. h. also, wenn die Jauche als Kopfdüngung gegeben wird. Der Kopfdüngung mit Jauche werden sich aber große Schwierigkeiten entgegenstellen.

So ganz das Ideal einer Düngeraufbewahrung sehe ich also im Schependorfer Verfahren nicht, wenn es auch entschieden das vollkommenste Mittel angibt, den Stickstoff in der Jauche zu erhalten.

---

[1]) Über diese Vorgänge siehe Abschnitt C.

Es gibt ja gerade auf dem Gebiet der Dünger- und Bodenbakteriologie noch so eine Unzahl von Rätseln zu lösen, so daß wohl vorläufig noch eine ganze Zeit verstreichen wird, ehe man sich ganz im Klaren über die vorteilhafteste Düngerbehandlung sein wird. Das Schependorfer Verfahren ist schon mehrfach in der Praxis eingeführt, doch möchte ich allen praktischen Landwirten raten, mit solchen Neuerungen vorsichtig zu sein. Oft bringen sie wirklich Gutes, oft bleibt aber auch der erwartete Erfolg aus. Es ist hier ähnlich wie mit den Maschinen. Es gibt übereifrige Landwirte, die jede Neuerung begeistert aufgreifen und so ihren Betrieb zu vervollkommnen suchen, und glauben, auf diese Weise auf der Höhe zu bleiben. Das ist verkehrt. Jeder Neuheit muß man zunächst sehr skeptisch entgegentreten und sorgfältig nicht nur das Für, sondern auch das Wider prüfen. Hat man dann die Sicherheit, daß das Für auch wirklich überwiegt, dann erst soll man zufassen.

Das Schependorfer Verfahren bringt in den gesamten Wirtschaftsbetrieb eine so eingreifende Änderung, daß eine reifliche Überlegung vor der Einführung unbedingt geboten ist.

Um noch einmal kurz unsere bisherigen Betrachtungen zusammenzufassen, sind die Wege zur möglichsten Erhaltung des Stickstoffs im Dünger nach den heutigen Erfahrungen folgende:

1. Gute Anlage der Dungstätte zum Schutz gegen mechanische Verluste.

2. Anwendung einer reichlichen und zweckmäßigen Einstreu, am besten Torfstreu, die im hohen Maße die Jauche absorbiert und die Stickstoffverluste auf ein Minimum herabsetzt. Chemische Konservierungsmittel haben sich durchweg als unzweckmäßig erwiesen. Tägliches Ausmisten ist besser als wöchentliches. Sehr vorteilhaft ist der Tiefstall, wo seine Anwendung möglich ist.

3. Eine gute mechanische Behandlung des Düngers auf der Dungstätte, wie feste Lagerung, um möglichsten Luftabschluß zu erreichen, gutes Feuchthalten des Düngers, was aber niemals durch Bespritzen mit Jauche geschehen darf.

Als wichtigsten Punkt bei der mechanischen Düngerbehandlung haben wir die möglichste Vermeidung von Luftzutritt gesehen. Das läßt sich aber nur durchführen bis zu dem Augenblick, wo der Dünger aufs Feld gebracht wird, und es ist daher die Frage aufgetaucht, ob nun nicht durch die Manipulationen des Aufladens, Breitens usw. die ganze bisher aufgewandte Mühe zunichte gemacht wird und jetzt die Verluste eintreten. Diese Befürchtung ist aber überflüssig. Verluste treten zwar ein, doch sind diese als so geringfügig nachgewiesen worden, daß man ihnen keinen so großen Wert beilegen kann. Durch die gute Aufbewahrung des Düngers wird der Stickstoff in chemisch gebundener Form erhalten, und es müssen nun bei dem

Zutritt der Luft erst die Zersetzungsprozesse eintreten, durch die der Stickstoff frei wird. Diese verlaufen aber nicht so schnell, daß wirklich bedeutende Mengen verloren gehen können.

Viel größer sind die mechanischen Verluste, die durch die Unsorgfältigkeit der Arbeit bei der Düngerausfuhr eintreten können. Der Mist soll auf dem Wagen vor dem Verlassen der Dungstätte festgeklopft werden, alle Teile, die sich an Schleifzeug, Deichsel, Radachsen usw. festgesetzt haben, sollen abgestrichen werden. Es sind geringe Mengen, die jedesmal von einem Wagen auf der Landstraße durch das Rütteln verloren gehen, aber sie summieren sich und es kostet doch wirklich ein so geringes Maß von Mehrarbeit, diese Verluste zu vermeiden. Oft sind aber die Aufsichtsbeamten oder die Chefs selbst zu bequem, auch hierin bei den Leuten auf sorgfältige Arbeit zu dringen und halten es für Kleinkrämerei. Das ist aber ein falscher Standpunkt. Auch im Kleinen muß der Landwirt sparen!

Ein weiterer großer Verlust bei der Düngerausfuhr tritt ein, wenn man den Dünger vorher zu reichlich mit Jauche sättigt. Es ist ein Zeichen größter Verschwendung, wenn man sieht, wie von den Düngerwagen die Jauche in Strömen herabläuft. Das ist unter allen Umständen zu vermeiden und läßt sich auch sehr gut vermeiden. Will man die Jauche mit dem Dünger zugleich ausbringen, so ist es stets am vorteilhaftesten, wenn man die Jauche schon vom Stall aus durch eine entsprechende Einstreu auf die Dungstätte bringt. Dann vermeidet man die ganzen Verluste durch das Spritzen, Absickern aus der Jauchengrube und Ablaufen vom Düngerwagen.

Der Landwirt soll sich also bei der Düngerausfuhr keine Sorgen machen um die Stickstoffverluste, die hierbei durch chemische oder biologische Umsetzungen eintreten können; sie sind zu geringfügig. Vor allem hat er sich vor den mechanischen Verlusten zu schützen, die sehr bedeutende sein können. Das kann er ohne große Schwierigkeiten bei einiger Energie und Umsicht durch die angegebenen Mittel.

Nun kommt die weitere, schon schwierigere Frage der Düngerbehandlung auf dem Acker.

Darf der Dünger zunächst einmal in den Häufchen, wie er von den Wagen abgeschlagen wird, liegen bleiben oder soll er gleich gebreitet werden. Die Antwort auf diese Frage ist: unbedingt muß der Dünger sofort gebreitet werden. Wenn irgend möglich, soll man sich mit der Arbeit so einteilen, daß das, was an einem Tage ausgefahren worden ist, auch noch am selben Tage gebreitet wird. Die Gründe hierfür sind ja auch leicht einzusehen. In den lockeren kleinen Häufchen, die von der Luft ganz durchdrungen werden, treten jetzt all die Zersetzungserscheinungen auf, die wir auf der Düngerstätte durch das Festtreten usw. mühsam unterdrückt haben. Der Stickstoff wird zum Teil aus seinen Verbindungen frei und geht als

Ammoniak oder atmosphärischer Stickstoff in die Luft und unsere ganze bisherige Arbeit ist umsonst. Andererseits sickert von den Häufchen die Flüssigkeit in den Boden ab und in der darauf folgenden Frucht kann man an den Geilstellen genau die Stellen erkennen, wo der Dünger abgeschlagen worden ist, während die Pflanzen auf dem übrigen Feld direkt Stickstoffhunger leiden. Dieser Umstand tritt besonders ein, wenn durch Niederschläge die Häufchen ausgelaugt werden, so daß der Dünger nachher beim Breiten seine wertvollen Bestandteile ganz verloren hat und das übrige Feld nichts mehr davon bekommt.

Am wenigsten gefährlich ist das Liegenlassen des Düngers in Häufchen noch bei Frost, da dann die Zersetzungserscheinungen sehr viel langsamer vor sich gehen und ein Auslaugen durch Niederschläge nicht zu befürchten ist.

Nun kann der Landwirt oft in die Zwangslage kommen, seinen Dünger ausfahren zu müssen, da die Dungstätte voll ist, aber es stehen die Arbeitskräfte zum Breiten nicht zur Verfügung. Dann ist es das Beste, den Dünger in einen großen Haufen an den Rand des Feldes zu fahren, auf das er kommen soll. Unter den Haufen muß man eine Unterlage aus gut aufsaugungsfähigem Material, wie Stroh, Kartoffelkraut oder ähnlichem bringen, um die absickernde Jauche aufzufangen. Der Haufen muß sorgfältig gepackt und gut festgetreten werden und vor allem ist er dann mit einer genügend starken Schicht Erde zu bedecken, die das entstehende Ammoniak absorbiert und die Luft fern hält. Geringe Verluste treten bei der Lagerung im Haufen auch auf, doch sind sie verschwindend gegen die Verluste, die in den kleinen auf dem Felde verteilten Häufchen auftreten. Jedenfalls macht sich die doppelte Arbeit reichlich bezahlt. Bedeutend können die Verluste jedoch werden, wenn man das Bedecken mit Erde versäumt; sie können dann bis zu 30 % betragen. Beim Verteilen des Düngers auf dem Felde ist die bedeckende Erdschicht und die Unterlage möglichst gleichmäßig verteilt mit dem Dünger auszufahren.

Während dies alles schon seit längerer Zeit unbestrittene Tatsachen sind, herrschen in der Praxis noch große Zweifel darüber, ob man nun den gebreiteten Dünger auf dem Felde liegen lassen oder ob man ihn möglichst bald unterpflügen soll. Diese Frage ist Ende 1912 eingehend im Teltower Landwirtschaftlichen Verein behandelt worden, doch kam man damals zu keinem entscheidenden Resultat. Im Jahre 1913 sind daraufhin eine ganze Reihe von Versuchen, an denen sich besonders auch praktische Landwirte beteiligt haben, zur Lösung dieser Frage angestellt worden.

Für das Liegenlassen an der Oberfläche wurden als Gründe angeführt, daß der Boden auf diese Weise gut beschattet wird und die Bakterienflora über Winter unter dieser schützenden Decke besser arbeite. Die eintretenden Verluste an Ammoniakstickstoff sollten minimal sein, da der Boden den größten

Teil des Ammoniaks absorbiere. Die Verluste sollten durch die günstige Wirkung der Bodenbeschattung reichlich wieder gut gemacht werden.

Die oben erwähnten Versuche möchte ich im einzelnen kurz in folgender Tabelle aufführen, ohne die Orte, wo sie angestellt worden sind, zu nennen, da dies nichts zur Sache tut, und sie einfach mit 1, 2, 3 usw. bezeichnen.

Erträge an Kartoffeln pro Hektar in Doppelzentner.

Versuch Nr.	ohne Stalldünger	Stalldünger sofort untergepflügt	Stalldünger über Winter liegen gelassen
1	138,0	167,6	147,6
2	123,7	188,4	164,1
3	166,0	220,0	200,0
4	172,0	244,0	178,0
5	137,4	182,8	169,2
6	236,7	264,8	252,3

Diese Versuche beweisen also klar, daß es vorteilhafter ist, den Dünger möglichst bald unterzupflügen und mit Erde zu bedecken. Die Beschattung des Ackers hat entschieden einen guten Einfluß auf die Badengare, aber sie ist in diesem Falle doch zu teuer erkauft. Es müssen ja auch auf Grund aller bisherigen Erfahrungen Stickstoffverluste eintreten und es liegt gar keine Veranlassung vor, daß der Boden das entstehende Ammoniak absorbiert, da es ja sofort in die Atmosphäre entweicht. Die Stickstoffverluste werden in diesem Fall außerdem dadurch gesteigert, daß der Dünger in dieser dünnen Schicht sehr stark austrocknet.

Eine weitere Entwertung des Düngers tritt noch dadurch ein, daß an der Luft durch die Atmung der Bakterien der Kohlenstoff der organischen Verbindungen zu Kohlensäure oxydiert wird, so daß direkt Verluste an organischer Substanz eintreten und auf diese Weise eine Verringerung der Nährstoffe für die Bodenbakterien eintritt.

Eine weitere Frage, die dem Landwirt oft Kopfzerbrechen macht, ist die, wie tief man den Dünger unterpflügen soll, um ihn am besten den Pflanzen zugute kommen zu lassen. Das wird sich nun immer nach den betreffenden Bodenarten richten und lassen sich für alle Verhältnisse feststehende Zahlen nicht angeben. Die Tiefe richtet sich dann auch nach der Frucht, zu der der Dünger gegeben wird und muß so sein, daß er für die Wurzeln gut erreichbar ist. So wird man ihn zu Rüben tiefer unterbringen können wie zu Kartoffeln. Die erste Hauptregel für das Unterpflügen des Düngers ist aber, ihn nicht so tief zu bringen, daß er von der Luft abgeschlossen wird. Der Dünger zersetzt sich dann nicht und verkohlt. Auf diese Weise verliert er jeden Wert für die Pflanzen. Er kommt dann bei

späterem Pflügen als schwarze Masse wieder zum Vorschein, besonders wenn er nicht gut gebreitet und in zusammenhängenden Massen in den Boden gekommen war. Mancher Landwirt tröstet sich dann, wenn er dies sieht, damit, daß der Dünger ja noch der nächsten Frucht zugute kommen kann. Das ist aber nicht der Fall, da der Dünger inzwischen seine ganzen wertvollen Bestandteile verloren hat.

Beim Pflügen muß man streng darauf achten, daß der Dünger recht gleichmäßig mit dem Boden gemischt wird und nicht, wie das bei schlecht wendenden Streichbrettern oft geschieht, in zusammenhängender Masse auf die Pflugsohle gelegt und dann die Erde darauf gepackt wird. Nur bei einer gleichmäßigen Verteilung kommt die Tätigkeit der Bodenbakterien, deren Bedeutung wir im nächsten Kapitel kennen lernen werden, voll zur Geltung.

Vorbereitet wird diese gleichmäßige Verteilung des Düngers im Boden durch ein sorgfältiges Breiten. Oft wird sich ein wirklich sorgfältiges Breiten des Düngers nicht unmittelbar nach dem Ausfahren durchführen lassen. Dann muß der Dünger zwar zunächst gleich oberflächlich gebreitet werden, wie wir schon sahen, aber es muß dann vor dem Unterpflügen noch einmal nachgebreitet werden. Diese Mehrarbeit macht sich reichlich bezahlt, da der Dünger bedeutend besser ausgenutzt wird und gleichmäßiger wirkt. In Selchow wird dies schon seit langen Jahren streng durchgeführt und es ist dort der Beweis erbracht, daß diese Arbeit nicht vergebens ist.

Eine sehr wenig zweckmäßige Behandlung des Stalldüngers auf dem Felde ist das sogenannte Dungfahren in die Winterfurche, wie es besonders in Sachsen oft gehandhabt wird. Es geschieht in der Weise, daß das Feld, auf das Kartoffeln kommen sollen, im Herbst in entsprechende Dämme gelegt wird. Der Mist wird dann im Winter auf das hart gefrorene Land gefahren und in die Furchen zwischen den Dämmen gebreitet. So bleibt er liegen bis zur Bestellung der Kartoffeln. Diese werden dann direkt auf den Dünger gelegt und durch Spalten der Dämme mit dem Häufelpflug zugedeckt. Die Nachteile eines solchen Verfahrens liegen nach all dem früher Gesagten auf der Hand. Die Zersetzung und Verwertung des Düngers muß eine ungünstige sein. Außerdem werden die Kartoffeln ihre Wurzeln in erster Linie in dem schmalen Streifen ausdehnen, in dem sie reichlich Nährstoffe vorfinden, und gar nicht in die Tiefe wachsen. Das kann in trockenen Jahren sehr verhängnisvoll werden, da die Kartoffeln das Wasser der tieferen Bodenschichten nicht erreichen und so sehr bald Wassermangel leiden.

C. Die Umwandlungen des Stickstoffs im Boden.

Um die Wirkung des Stalldüngers im Boden und ebenso die Wirkung der Gründüngung und der künstlichen Stickstoffdünger recht verstehen zu können und um die Grundlagen für die später zu besprechende Ackerbearbeitung unter dem Gesichtspunkt des Stickstoffhaushalts zu gewinnen, wollen wir zunächst einmal die verschiedenen Umwandlungen, denen der Stickstoff im Boden hauptsächlich unter dem Einfluß von Bakterien unterworfen ist, betrachten.

Für die höheren Pflanzen ist der Stickstoff nur in Form von Salpetersäure oder Ammoniak aufnehmbar. Das letztere wurde früher auch noch bezweifelt, doch hat Kossowitsch diese Frage geklärt, indem er Pflanzen auf sterilisiertem Boden wachsen ließ und ihnen als Stickstoffquelle nur Ammoniumsalze bot. Da einerseits die Pflanzen gut gediehen und Stickstoff aufnahmen, andrerseits eine Umwandlung des Ammoniaks in Salpeter durch Mikroben ausgeschlossen war, war der Beweis erbracht, daß die Pflanzen auch das Ammoniak direkt als Stickstoffquelle ausnutzen können. Wie sich die Sache in der Natur gestaltet, läßt sich schwer nachweisen, doch wird wohl meist das Ammoniak in Salpeter umgewandelt werden, ehe es die Pflanzen aufnehmen.

Durch den natürlichen Dünger, Stallmist, Gründüngung usw. bringen wir aber größtenteils den Stickstoff in Form von organischen Verbindungen in den Boden und so kann er in der Regel von den Pflanzen nicht aufgenommen werden. Hier sind es nun die Bakterien im Boden, die helfend eingreifen.

Daß die organischen Stickstoffverbindungen im Boden umgesetzt werden und als Endprodukt Salpeter entsteht, wußte man schon lange. Auch kannte man die Bedingungen, die für diesen Vorgang nötig waren. Diese nutzte man z. B. praktisch bei der Salpeterfabrikation in den Salpeterplantagen aus. Man mengte organische, stickstoffhaltige Substanz mit Erde und sorgte durch lockere Lagerung für gute Durchlüftung. Durch regelmäßiges Begießen, wozu gern Urin verwandt wurde, sorgte man für einen geeigneten Feuchtigkeitsgrad. Schließlich wurden noch Basen in Form von Kalk, Seifenlauge und ähnlichem hinzugesetzt. Man wußte, daß hier ähnliche Vorgänge eine Rolle spielen, wie im Erdboden, doch kam man mit einer Erklärung, die man auf physikalisch-chemischem Gebiet suchte, nicht recht vorwärts. Da stellte als erster Pasteur die Behauptung auf, daß hier das Werk von Mikroorganismen vorliege. Jetzt ist diese Frage durch das Zusammenarbeiten zahlreicher bedeutender Forscher zu einer gewissen Klärung gelangt.

Man weiß jetzt, daß hier eine ganze Reihe von Bakterien zusammenarbeiten muß, um den Stickstoff der organischen Verbindungen von Stufe

zu Stufe allmählich in Salpeter überzuführen. Wir finden hier eine Arbeitsteilung in höchster Vollendung, denn eine Bakteriengattung setzt die für sie bestimmte Verbindung nur bis zu einem bestimmten Grade um, um sie dann einer andern Bakteriengattung gleichsam zur Weiterbearbeitung zu überlassen. So werden aus den Eiweißverbindungen zunächst Albumosen und Peptone gebildet, daraus wieder Aminosäuren, aus denen das Ammoniak abgespalten wird. Das Ammoniak wird von den eigentlichen nitrifizierenden Bakterien in Salpetersäure umgewandelt, aber auch nicht sofort, sondern zunächst wird aus dem Ammoniak durch die Nitritbakterien salpetrige Säure und aus dieser erst durch die Nitratbakterien Salpetersäure gebildet. Die einzelnen Zersetzungsphasen folgen im Boden stets unmittelbar aufeinander, so daß es oft schwer ist, die Zwischenprodukte zu erkennen.

Für die Praxis interessieren uns nun besonders die Bedingungen, die erfüllt werden müssen, um diese Prozesse ohne Störung vor sich gehen zu lassen.

Die Bildung des Ammoniaks aus den organischen Verbindungen geht auch unter Luftabschluß vor sich. Das sehen wir bei der Zersetzung von organischen Substanzen im fest gelagerten Dünger, in Sümpfen, auf dem Grund von stehenden Gewässern. Das liegt daran, daß eine große Menge von Bakterien, sowohl aerobe, wie anaerobe die Fähigkeit besitzen, organische Stickstoffverbindungen zu zersetzen. Es ist jedoch beobachtet worden, daß die Ammoniakbildung in verschiedenen Böden verschieden schnell verläuft. So soll die Zersetzung in leichteren, „tätigen" Böden rascher von statten gehen als in schweren Lehm- und Tonböden.

Zur Umwandlung des Ammoniaks in Salpeter ist aber Sauerstoffzutrittt unbedingt nötig. Bei der Untersuchung der nitrifizierenden Bakterien in Reinkulturen, die zuerst Winogradsky durchführte, wurde gefunden, daß die Nitritbakterien, die das Ammoniak zu salpetriger Säure oxydieren, nur in Tätigkeit treten, wenn keine organischen Substanzen im Nährboden vorhanden waren, und daß weiter die Nitratbakterien die salpetrige Säure nur dann in Salpetersäure überführen können, wenn keine Spur von Ammoniak mehr vorhanden ist. Das entspricht aber gar nicht den natürlichen Vorgängen im Boden, denn man findet dort, daß auch schon, wenn noch nicht alle organische Substanz zersetzt ist, Salpeterbildung auftritt. Auch diese Erscheinung hat durch Winogradsky ihre Erklärung gefunden. Die Umsetzung der organischen Substanz in Ammoniak geht in der Natur ziemlich schnell vor sich. Solange diese nicht bis zu einem gewissen Grad vollendet ist, setzt die Salpeterbildung nicht ein. Das hat auch einen großen praktischen Wert. Denn würde, während noch größere Mengen von organischer Substanz vorhanden sind, Salpeter gebildet werden, so würde dieser entweder von den denitrifizierenden Bakterien unter Entbindung von freiem Stickstoff, der dann natürlich für die Pflanzenernährung verloren ist, zersetzt

werden oder von andern Bakterien sofort in für die Pflanzen unzugängliches Bakterieneiweiß umgewandelt werden.

Tritt dann die Nitrifikation ein, so wird scheinbar direkt aus Ammoniak Salpeter gebildet. Die Nitratbakterien werden nämlich in ihrer ersten Entwicklung schon von Spuren von Ammoniak gehemmt, sind sie aber erst einmal in voller Tätigkeit, so sind sie nicht mehr so empfindlich und setzen auch bei Anwesenheit von Ammoniak die durch die Nitritbakterien gebildete salpetrige Säure sofort in Salpetersäure um. Diese wird dann durch die im Boden anwesenden Basen zu Salpeter neutralisiert und in dieser Form wird dann der Stickstoff von den Pflanzen aufgenommen.

Dem Salpeter, der im Boden entstanden ist oder durch Düngung dahin gelangt ist und nicht von den Pflanzenwurzeln verbraucht wird, kann nun wieder ein dreifaches Geschick bevorstehen.

Einmal kann er durch die Niederschläge in den Untergrund ausgewaschen werden. Der Boden besitzt ja für den Salpeter fast gar kein Absorptionsvermögen und wird dieser daher durch die Sickerwässer besonders auf leichten Böden leicht mit in den Untergrund genommen und geht auf diese Weise für die Pflanzenernährung verloren.

Für diese Erscheinung haben uns die letzten Jahre mit ihrer abnormen Witterung sehr interessante Beispiele geliefert. In dem regenarmen Jahr 1911 mußte sich der in der Ackerkrume durch die Bakterien gebildete Salpeter in größeren Mengen anhäufen, da er nicht ausgewaschen werden konnte und die Pflanzen, die sich aus Wassermangel schwach entwickelten, verhältnismäßig wenig aufnahmen. Infolgedessen mußte im Herbst ein großer Stickstoffvorrat im Boden vorhanden sein. Daß dies tatsächlich der Fall war, zeigte sich schon darin, daß sich die Wintersaaten im Herbst 1911 sehr kräftig entwickelten. Dasselbe ist auch im Herbst 1913 in den Gegenden der Fall gewesen, die unter der starken Trockenheit litten, die die Dürre von 1911 teilweise noch übertraf. Alfred Koch hat über die Menge des im Jahre 1911 im Boden angesammelten Stickstoffs auf dem Versuchsfeld in Göttingen Untersuchungen angestellt und hat in dem Boden, der dort für gewöhnlich pro 100 g wasserfreien Bodens 1—2 mg Salpeterstickstoff enthält, im Dezember 1911 4,69 mg gefunden. Das entspricht ziemlich genau der gleichen Anzahl Zentner Chilesalpeter in der 20 cm starken Ackerkrume von einem Morgen Ackerland. Der Winter 1911/12 brachte reichliche Niederschläge und als Koch den Boden derselben Parzelle im März 1912 wieder untersuchte, fand er nur noch 0,37 mg Salpeterstickstoff pro 100 g wasserfreien Boden, was also nur noch 37 Pfd. Chilesalpeter pro Morgen entspricht.

Um den Verbleib des Stickstoffs festzustellen, untersuchte er den Boden in größeren Tiefen und fand bei zunehmender Tiefe steigende Mengen von

Salpeterstickstoff, während er sonst in der Regel das Gegenteil beobachtet hatte. Damit war also der Beweis erbracht, daß der Salpeter an der Oberfläche des Bodens sich gebildet und sich dort, solange keine Niederschläge eintraten, angehäuft hatte. Als dann aber starker Regen kam, wurde er bis auf einen kleinen Rest in den Untergrund ausgewaschen. Auf diesem rein mechanischen Wege kann uns also unter Umständen der größte Teil des Salpeters im Boden verloren gehen.

Verloren gehen kann uns der Stickstoff im Boden noch durch Entbindung freien Stickstoffs durch die sogenannten denitrifizierenden Bakterien. Als 1895 Wagner und Märcker diese Erscheinung untersuchten, ergriff weite Kreise große Besorgnis, da es den Anschein hatte, als ob durch diese Vorgänge der Landwirtschaft großer Schaden entstehen könnte. Man fand nämlich, daß, wenn man eine Lösung von Salpeter in Wasser mit frischem Mist versetzte, eine äußerst lebhafte Entbindung von Stickstoff stattfand und übertrug dies auf die Praxis, da Wagner vorher schon eine auffallend geringe Ausnutzung des Stickstoffs im Stallmist durch die Kulturpflanzen beobachtet hatte.

Inzwischen hat aber eine ruhigere Auffassung dieser Erscheinung Platz gegriffen, da man die Lebensbedingungen der denitrifizierenden Bakterien kennen gelernt hat. Zur Entfaltung ihrer verderblichen Tätigkeit sind nämlich 3 Bedingungen nötig: 1. muß der Stickstoff in Form von Salpeter vorhanden sein, 2. brauchen sie als Kohlenstoffquelle assimilierbare organische Substanz, 3. muß die Sauerstoffzufuhr auf ein Minimum beschränkt sein. Diese Bedingungen werden aber auf dem Acker in den seltensten Fällen erfüllt. Dies träte z. B. ein, wenn wir in einem schlecht gelockerten Acker, in dem durch irgend welche Einflüsse, wie zu große Nässe die Luftzirkulation gestört ist, gleichzeitig mit einer frischen Stallmistdüngung Salpeter geben. Dann würde allerdings der Stickstoff des Salpeters als elementarer Stickstoff in die Luft entweichen. Es ist also eine wichtige Regel, daß man niemals mit Salpetersalz düngen darf, wenn man eben frischen Stallmist gegeben oder Gründüngung untergepflügt hat, solange diese noch nicht im Boden zersetzt sind.

Eine größere Rolle kann die Denitrifikation, wie wir schon bei der Besprechung der Stallmistbehandlung gesehen haben, bei unsachgemäßer Aufbewahrung des Düngers spielen, doch läßt sie sich auch dort durch geeignete Maßnahmen sehr einschränken.

Im ganzen steht man jetzt auf den Standpunkt, daß die Denitrifikation in der praktischen Landwirtschaft eine nicht bedeutende Rolle spielt, und daß in der Mehrzahl der Fälle, wo man früher eine schlechte Wirkung der Stickstoffdüngung beobachtet und diese auf die Denitrifikation zurückgeführt hat, die Ursache eine andere war. Es kann nämlich der Salpeter durch die

Assimilationstätigkeit von Mikroorganismen verschwinden und der Stickstoff wieder in organische Substanz übergeführt werden.

Man hat beobachtet, daß, wenn man in einem Fall Pflanzen nur mit Salpeter düngte, im andern Fall mit Salpeter und Stallmist gleichzeitig, bei der reinen Salpeterdüngung eine gute Ausnutzung des Stickstoffs stattfand, bei gleichzeitiger Salpeter- und Stallmistdüngung aber eine bedeutende Minderwirkung eintrat, ja daß die Pflanzen direkt Stickstoffhunger litten. Bei Untersuchung der Erde fand man aber trotzdem, daß kein Stickstoff verloren gegangen war, dagegen war der Salpeterstickstoff durch die Bakterien in organische Verbindungen übergeführt worden und war so zunächst für die Pflanzen nicht zugänglich. Durch den Stallmist wird der Boden sehr stark mit den verschiedensten Bakterienarten angereichert, auch mit Bakterien, die ähnlich, wie es die höheren Pflanzen tun, die leichtlöslichen Stickstoffverbindungen zum Aufbau ihres Körpers verwenden und in organische Verbindungen überführen. Es findet also zunächst ein Konkurrenzkampf zwischen den Bakterien und den höheren Pflanzen statt. Solange die Bakterien in den organischen Substanzen des noch unzersetzten, womöglich strohigen Düngers eine günstige Kohlenstoffquelle finden, sind sie mit der Umsetzung des Stickstoffs fertig, ehe die Pflanzen ihr Wurzelsystem ausgebildet haben. So können die Kulturgewächse unter Umständen trotz reichlicher Stickstoffdüngung Mangel an Stickstoff leiden.

Dieser Gefahr entgeht man, wenn man den Mist so lange vor der Saat gibt, daß er Zeit hat, sich wenigstens bis zu einem gewissen Grad zu zersetzen. Dann können diese Bakterien den Salpeter nicht mehr assimilieren, da ihnen eine geeignete Kohlenstoffquelle fehlt. Andererseits können dann aber auch die salpeterbildenden Bakterien ihre volle Tätigkeit entfalten, die ja, wie wir schon sahen, die Anwesenheit von organischen Substanzen nicht lieben.

Diese Überführung des leicht löslichen Stickstoffs in schwerer lösliche Verbindungen kann unter Umständen dadurch vorteilhaft werden, daß sie den Stickstoff vor Auswaschung bewahrt und es wäre sehr wohl denkbar, daß man auf leichten Böden, die besonders leicht ausgewaschen werden, die Bakterien durch künstliche Zufuhr von noch wenig zersetzter Substanz, wie frischer strohiger Mist, in einer Zeit, wo keine Vegetation auf dem Acker ist, in der Weise anregt, daß sie den Salpeterstickstoff in organische Verbindungen überführen. Man muß sich dabei aber so einrichten, daß die organische Substanz zur rechten Zeit zersetzt ist, damit dann, wenn die Pflanzenwurzeln den Stickstoff brauchen, die Nitrifikation wieder ungestört verläuft.

Der aus dem Salpeter in organische Verbindungen übergeführte Stickstoff kann natürlich wieder unter geeigneten Umständen durch die nitrifizierenden

Bakterien in Salpeter umgewandelt werden, wodurch er dann den Pflanzen wieder zugänglich wird oder von neuem die beschriebenen Wandlungen durchmacht.

So sehen wir, daß der Stickstoff im Boden einen ständigen Kreislauf durchmacht, und die Kenntnis aller dieser Erscheinungen ist für den praktischen Landwirt von großer Wichtigkeit, da er bis zu einem gewissen Grade sich diese Erscheinungen zunutze machen kann und andererseits die Möglichkeit hat, Mißerfolge, die ihm sonst ganz unerklärlich sind und zu falschen Schlüssen Veranlassung geben, zu vermeiden.

Bei unseren ganzen bisherigen Betrachtungen befand sich aber der Stickstoff immer in irgend einer Verbindung. Wo der Stickstoff aus seiner Verbindung frei wurde, wie bei der Denitrifikation, schien er für uns auf Nimmerwiedersehen verloren zu sein. Nach der älteren Anschauung ist auch der elementare Stickstoff für die Vegetation ohne jede Bedeutung, da man ja wußte, daß Pflanzen auf einem Boden, der frei von Stickstoffverbindungen ist, überhaupt nicht oder nur sehr kümmerlich gedeihen, obgleich ihnen doch in der umgebenden Luft riesige Mengen von Stickstoff zur Verfügung stehen. Wenn nun aber ständig durch Bakterientätigkeit im Boden und im Dünger und besonders aber auch bei allen Fäulnisvorgängen elementarer Stickstoff aus seinen Verbindungen freigemacht wird, andererseits aber dieser Stickstoff nie wieder in Verbindungen übergeführt werden kann, so müßte doch einmal der Zeitpunkt kommen, oder, da diese Vorgänge seit Jahrmillionen spielen, schon längst gekommen sein, wo der Stickstoff aus allen Verbindungen freigemacht ist und es überhaupt keine Stickstoffverbindungen mehr gibt. Und doch ist das nicht der Fall. „Wenn wir aber trotzdem die Organismenwelt der Erde keinen Mangel an Stickstoffnahrung leiden sehen, muß auf irgend eine Weise dafür gesorgt sein, daß die Verluste, welche das aus Stickstoffverbindungen bestehende Kapital der Erde durch die Lebenstätigkeit der genannten Bakterien erleidet, aus dem Vorrat an freiem atmosphärischen Stickstoff wieder ergänzt wird.“ So folgert Alfred Koch und er hat neben anderen bedeutenden Forschern, wie besonders Winogradsky und Beijerinck das große Verdienst, zur Klärung dieser Frage beigetragen zu haben.

Um den Weg zu finden, wie aus der Atmosphäre Stickstoff in den Boden kommt, untersuchte man zunächst die Niederschläge auf ihren Gehalt an Stickstoffverbindungen und fand, daß sie tatsächlich mehr oder weniger große Mengen Ammoniak enthalten. Mit diesem Ammoniak kommt jedoch nichts aus dem Stickstoffkapital der Luft in den Boden, sondern es ist als solches dem Boden entwichen und wird ihm zum Teil durch die Niederschläge zurückgebracht. Oder es ist mit den Rauchgasen den Fabrikschornsteinen entströmt. Es hat sich nämlich gezeigt, daß die Niederschläge in der Nähe größerer

Industriestädte stets reicher an Stickstoffverbindungen sind, als in anderen Gegenden. Außer Ammoniak hat man in den Niederschlägen auch noch geringe Mengen von salpetriger Säure und Salpetersäure gefunden und der hierin enthaltene Stickstoff entstammt tatsächlich dem Stickstoff der Atmosphäre. Durch elektrische Entladungen in der Luft wird der Stickstoff zu salpetriger- und Salpetersäure oxydiert und diese kommen mit den Niederschlägen in den Boden.

Die Mengen der so entstehenden Stickstoffverbindungen sind aber so gering, daß sie unmöglich die Verluste ersetzen können. Nun wissen wir, daß die Leguminosen, durch ihre Symbiose mit den Knöllchenbakterien freien Stickstoff assimilieren können. Doch kommen die Leguminosen nicht überall vor und kann ihre stickstoffsammelnde Tätigkeit z. B. bei der Versorgung der Wälder mit Stickstoffnahrung keine Rolle spielen. So kam man denn zu der Annahme, und oben genannte Forscher haben diese Annahme bestätigt, daß es im Boden freilebende Organismen geben muß, die den freien Stickstoff assimilieren und in organische Verbindungen überzuführen vermögen.

Man hat bisher zwei Bakterienarten, Clostridium pasteurianum und Azotobacter, die freien Stickstoff assimilieren können, genauer untersucht, doch gibt es wahrscheinlich noch eine größere Anzahl von Mikroorganismen, die dieselbe Fähigkeit haben. Ich will hier nur kurz das anführen, was man bisher von den Lebensbedingungen dieser Bakterien weiß.

Zunächst haben sie die Gegenwart von kohlenstoffhaltigen Verbindungen nötig. Die grünen Pflanzen haben die Fähigkeit, unter dem Einfluß des Lichtes ihren Kohlenstoffbedarf aus der Kohlensäure der Luft zu decken, die Bakterien, denen das Chlorophyll fehlt, können das größtenteils nicht, sie brauchen den Kohlenstoff in den organischen Verbindungen. Wo bekommen sie den nun im Boden her? In den Reinkulturen wurde er ihnen in Form von Traubenzucker gegeben und es zeigte sich, daß, je mehr Zucker gegeben wurde, auch um so mehr Stickstoff gebunden wurde. Da könnte nun der Gedanke auftauchen, daß man den Boden einfach mit Zucker düngen könnte. Das ist aber unmöglich, da es viel zu teuer werden würde und andererseits die höheren Pflanzen durch zu große Mengen von gelöster organischer Substanz in ihrem Gedeihen geschädigt werden. Aber die Natur sorgt schon selbst für den nötigen Vorrat an kohlenstoffhaltigen Verbindungen im Boden und unsere Aufgabe kann es zunächst nur sein, die Mikroorganismen durch geeignete Bearbeitung des Bodens zu unterstützen.

Jeder hat schon auf dem Acker, besonders bei Brache, einen dünnen grünen Algenüberzug beobachtet, der als ein Zeichen guter Ackergare angesehen wird. Diese Algen assimilieren Kohlenstoff aus der Kohlensäure und dienen dann selbst wieder den stickstoffsammelnden Bakterien als Nahrung. Neuerdings hat man auch gefunden, daß es wahrscheinlich Bakterien gibt, zu denen

auch die nitrifizierenden Bakterien gehören, die ohne Licht den Kohlenstoff aus der Kohlensäure assimilieren können. Diese würden dann in den tiefer liegenden Bodenschichten die stickstoffbindenden Bakterien mit Kohlenstoff zu versorgen haben, da man beobachtet hat, daß auch in größeren Tiefen, bis 80 cm, die Stickstoffbindung stattfindet.

Eine weitere wichtige Lebensbedingung für die stickstoffbindenden Bakterien ist eine reichliche Luftzufuhr und man hat beobachtet, daß sich im Boden um so mehr Stickstoff ansammelt, je öfter er umgearbeitet wird.

Das ist in großen Zügen etwa das, was man bisher von den Prozessen weiß, denen der Stickstoff im Boden unterworfen ist. Es gibt noch manches Rätsel auf diesem Gebiet zu lösen, besonders hinsichtlich der letzten Gruppe von Bakterien, die den freien Stickstoff aus der Luft zu binden vermögen. Welche praktische Bedeutung es hat, gerade diese möglichst bald genau kennen zu lernen, liegt auf der Hand. Bei der Versorgung unseres Ackers mit dem nötigen Stickstoff sind wir zum größten Teil aufs Ausland angewiesen. Aber die Zeit ist gar nicht mehr so ferne, wenn vielleicht auch nicht ganz so nahe, wie vor einigen Jahren behauptet wurde, wo auch das Ausland uns nicht mehr die nötigen Salpetermengen liefern kann, da die Salpeterlager in Chile schon stark ausgebeutet sind und wir vorläufig noch keine so ergiebigen und für die wirtschaftliche Ausbeutung so günstig gelegenen Lager weiter kennen. Wahrscheinlich existieren sie auch nicht, da zu ihrer Entstehung ganz besondere Bedingungen des Klimas und des Bodens nötig sind, wie sie nur die fast regenlosen Gegenden Chiles bieten. Dieser Umstand zwingt uns, daran zu denken, wie wir uns selbst den nötigen Stickstoffvorrat für den Boden beschaffen können und die einzige Möglichkeit ist die, den ungeheueren Stickstoffvorrat der uns umgebenden Luft zu verwerten. Ein Kubikmeter Luft enthält nach Koch für etwa 1 M. Stickstoff in den Chilesalpeterwert umgerechnet.

Die Technik hat in den letzten Jahren eifrig auf diesem Gebiet gearbeitet und schöne Erfolge gehabt. Ihr verdanken wir den Kalksalpeter, den Kalkstickstoff und Stickstoffkalk, die alle ihren Stickstoffgehalt aus dem Vorrat der Atmosphäre haben.

Für uns Landwirte wäre es natürlich das Ideale, wenn wir selber den Pflanzen direkt den über dem Acker befindlichen Luftstickstoff zugänglich machen könnten. Bis zu einem gewissen Grade tun wir dies ja schon durch die Leguminosengründüngung, aber ganz neue Aussichten werden uns durch die Entdeckung der freilebenden stickstoffbindenden Bakterien geboten. Ob unsere Hoffnungen, die wir daran knüpfen können, jemals erfüllt werden, läßt sich noch nicht sagen, doch ist die ganze Sache von so großem Wert für die Landwirtschaft, daß die Forschungen auf diesem Gebiet mit größtem Nachdruck gefördert werden müssen.

Man darf dabei aber nicht gleich greifbare Resultate für die Praxis verlangen, da bei diesen Arbeiten ganz planmäßig Schritt für Schritt vorgegangen werden muß. Es hat gar keinen Wert, auf diesem Gebiet sofort praktische Versuche im Großen anzustellen, ehe man nicht die Grundbedingungen genau kennt. Man tappt dabei nur im Dunkeln. Die Grundbedingungen können aber allein durch die Laboratoriumsarbeit unserer Forscher gefunden werden und hierfür sind zunächst die genügenden Mittel zur Verfügung zu stellen.

Nachdem wir uns nun einige Kenntnis der verschiedenen Umwandlungen des Stickstoffs im Boden verschafft haben, können wir versuchen, daraus die Nutzanwendung für die Praxis zu ziehen. Die Stickstoffbindung durch die Knöllchenbakterien der Leguminosen wollen wir später bei der Besprechung der Gründüngung behandeln.

D. Die Düngung mit künstlichen Stickstoffdüngern.

Jeder rohe Boden enthält ein Grundkapital von Stickstoffverbindungen. Schon unmittelbar nach seinem Entstehen aus dem Gestein erhält er teils durch die Niederschläge aus der Luft, teils durch die Tätigkeit von Bakterien, die ihm durch die Luft zugeführt sind, soviel Stickstoff, daß er eine Vegetation ernähren kann. Wir können beobachten, daß auf der noch verschwindend dünnen Schicht verwitterten Gesteins auf Felsen oder in Felsspalten sich schon höhere Pflanzen ansiedeln, ein Beweis dafür, daß sie dort den zu ihrer Ernährung unbedingt nötigen Stickstoff vorfinden, den das Gestein ursprünglich nicht enthielt. Tatsächlich hat man auch sowohl im Dünensand, im Meer wie auf der Oberfläche von Felsgestein stickstoffbindende Mikroorganismen, wie Clostridium und Azotobacter gefunden. So hat auch ursprünglich unser Ackerboden nach seinem Entstehen aus dem Urgestein sein erstes Stickstoffkapital erhalten.

Die ersten Pflanzen nährten sich von diesem Stickstoff während ihrer Lebenszeit und verbrauchten ihn zum Aufbau ihres Organismus. Starben sie dann ab, so gaben sie den Stickstoff, indem sie sich im Boden zersetzten, wieder an diesen zurück. Der Boden wurde also nicht ärmer an Stickstoff, sondern eher, da ja die stickstoffbindenden Bakterien weiter arbeiteten, reicher an Stickstoff. Anders wurde es, als der ackerbauende Mensch kam und die Pflanzen zu seinem Lebensunterhalte verwandte. Er entzog dem Boden dauernd Nährstoffe, und je größer die Ernten wurden, die er zu erzielen suchte, um so größer wurde auch die Stickstoffentnahme. Sie mußte bald größer werden, als durch die Niederschläge und die Bakterientätigkeit ersetzt wurde. So verarmte der Boden allmählich immer mehr und die Folge war, daß die Pflanzen nicht mehr gedeihen konnten. In der neusten Zeit

haben wir das am deutlichsten in Nordamerika gesehen. Dem ursprünglich so reichen Boden wurde durch die dauernden Weizenernten allmählich sein ganzer Nährstoffvorrat entzogen, ohne daß ihm ein Ersatz dafür gegeben wurde. Die Folge davon sehen wir jetzt. Die Ernten gehen zurück und man ist jetzt auch in Amerika gezwungen, durch rationelle Düngung dem Boden die entzogenen Nährstoffe zu ersetzen. Durch den umfangreichen Raubbau ist Amerika so weit gekommen, daß es, während es früher weit mehr produzierte als es zur Ernährung des Volkes im Inlande brauchte, jetzt den Export durch einen entsprechenden Import decken muß.

Wir wissen heute, daß wir, wenn wir die Erträge auf der gleichen Höhe halten oder sie noch steigern wollen, die verschiedenen Pflanzennährstoffe dem Boden zuführen und ihm auf diese Weise einen Ersatz für die entzogenen Nährstoffe leisten müssen. Mit Hilfe des Stallmistes gelingt uns dies nicht vollständig, auch nicht hinsichtlich des Stickstoffs. Auch können wir bis jetzt uns den Luftstickstoff noch nicht in dem Maße zunutze machen, daß wir aus ihm den Bedarf an Stickstoff im Acker decken können. Wir sind also gezwungen, den Stickstoff, ebenso wie die übrigen Nährstoffe, in Form von künstlichen Düngemitteln zu geben.

Um diese Düngung am rationellsten zu bewerkstelligen, sind eine ganze Reihe von Gesichtspunkten zu berücksichtigen. Zunächst hat man sich zu überzeugen, ob überhaupt eine Düngung mit Stickstoff nötig ist. Düngen wir nicht, so treiben wir Raubbau und ein solcher partieller Raubbau kann mitunter wohl am Platze, ja sogar unbedingt nötig sein, wo der Boden aus irgend einem Grunde so reich an Stickstoff ist, daß er den Bedarf der Pflanzen auf Jahre hinaus zu decken vermag. Frisch in Kultur genommene Moorflächen z. B. werden genügend Stickstoff enthalten, so daß eine Düngung unterbleiben kann. von Rümker beobachtete auf dem Versuchsfeld der Universität Breslau in Rosenthal, auf das in früheren Jahren städtischer Müll in großen Mengen gebracht worden war, daß der Boden dadurch so viel Stickstoff enthielt, daß eine Düngung mit diesem Nährstoff direkt nachteilig wirkte. Diese Fälle werden natürlich sehr selten sein und auch hier wird früher oder später der Augenblick eintreten, wo der Vorrat erschöpft ist und für einen Ersatz Sorge getragen werden muß.

Eine schwierige Frage ist dann die richtige Stärke der Düngung. Es ist für den Landwirt, der die größtmöglichen Reinerträge aus seinem Gut herauswirtschaften will, eine der Hauptbedingungen, die meist unterschätzt wird, hier das richtige Maß zu finden. Nach dem Gesetz vom Minimum ist stets der Wachstumsfaktor, der im Verhältnis zu den anderen Wachstumsfaktoren am geringsten vertreten ist, maßgebend für den Ertrag. Sind also z. B. alle Wachstumsfaktoren, wie Pflanzennährstoffe im Boden, Wasser, Klima usw. in dem Maße vorhanden, daß wir auf dem Hektar 400 dz

Rüben ernten könnten, wir bieten den Pflanzen aber nur Stickstoff zu einer Produktion von 300 dz auf dem Hektar, so nützen wir unsere Scholle ungenügend aus und lassen uns einen großen Teil des erzielbaren Reinertrages entgehen. Nun ist in der Praxis meist der Stickstoff derjenige Wachstumsfaktor, durch den die Erträge in der Hauptsache bestimmt werden und durch den wir sie am günstigsten regulieren können, da er sich meist im Minimum gegenüber den anderen Pflanzennährstoffen befindet. Wir müssen also, sei es durch Versuche, sei es durch genaue Beobachtungen, festzustellen suchen, wie hoch wir mit den Stickstoffgaben gehen müssen. Die übrigen Nährstoffe können wir, ohne größere Verluste befürchten zu müssen, in stärkerem Maße geben, als die Pflanzen sie zu ihrer Entwicklung benötigen, da ein eventueller Überschuß durch die Absorptionskraft des Bodens festgehalten wird. Beim Stickstoff ist das anders. Hier müssen wir möglichst vermeiden, das günstigste Maß zu überschreiten, da ein Überschuß einmal bei gewissen Pflanzen leicht zu unnormaler, unerwünschter Entwicklung Veranlassung gibt, dann aber auch leicht durch Auswaschung und andere Prozesse verloren geht. Und gerade beim Stickstoff, dem teuersten Pflanzennährstoff, müssen wir Verluste sorgfältigst zu vermeiden suchen.

Für die Stärke der Düngung sind verschiedene Punkte maßgebend. Zunächst ist es der Gehalt des Bodens an Stickstoff. Unsere Kulturböden haben einen durchschnittlichen Gehalt von etwa 0,1—0,15 %. Der größte Teil davon befindet sich aber in einer für die Pflanzen nicht aufnehmbaren Form. Die chemische Bodenanalyse kann uns hier nur in sehr beschränktem Maße einen Anhalt für die Bemessung der Düngung geben, da sie uns wohl mit ziemlicher Genauigkeit den Gesamtgehalt des Bodens an Stickstoff zu sagen vermag, aber nicht, wieviel davon löslich und für die Pflanzen aufnehmbar ist. Das beste Mittel, um sich hierüber Klarheit zu verschaffen, ist der exakt durchgeführte Düngungsversuch, der allerdings seine großen Schwierigkeiten hat und große Mühe und Sorgfalt erfordert, sich aber in den meisten Fällen hoch bezahlt macht, da er uns oft vor Fehlern bewahrt, die, ohne daß wir es häufig merken, große Verluste bringen. Es würde mich zu weit führen, hier auf die Ausführung solcher Versuche näher einzugehen. Die Anleitungen dazu sind an anderen Orten zu finden, besonders Lemmermann hat in seiner Düngerlehre die dabei zu beachtenden Punkte klar dargelegt.

Daß der Gehalt eines Bodens an Stickstoff sehr schwanken kann, ist nach allem, was wir früher gesehen haben, selbstverständlich. Er richtet sich in erster Linie nach der Vorfrucht. Die verschiedenen Kulturpflanzen entnehmen dem Boden verschiedene Mengen Stickstoff. Derselbe Boden wird, wenn er Leguminosen, wie Erbsen oder Lupinen trägt, nach der Ernte reicher sein an Stickstoff, wie wenn er z. B. Kartoffeln getragen hätte, da

die Leguminosen die Fähigkeit haben, den Luftstickstoff für sich zu verwerten, während die Kartoffeln auf den Bodenstickstoff angewiesen sind. Aber auch unter den Pflanzen, die ihren ganzen Stickstoffbedarf aus dem Boden decken müssen, sind Unterschiede. So hinterläßt unter gleichen Verhältnissen die Zuckerrübe den Boden ärmer an Stickstoff als die Kartoffel.

Aber nicht nur die Art der Vorfrucht ist maßgebend, sondern auch die Stärke der Ernte. Haben wir z. B. durch günstige Witterungsverhältnisse eine besonders hohe Ernte gemacht, so ist dadurch natürlich mehr Stickstoff dem Boden entzogen worden, als wenn wir eine Mißernte gemacht hätten, wie etwa infolge anhaltender Dürre.

Die Witterung kann auf den Gehalt der Ackerkrume an Stickstoff Einfluß haben, da sich bei anhaltender Trockenheit infolge der Bakterientätigkeit viel Stickstoff ansammelt, während starke Niederschläge ihn auswaschen. Ich möchte hier nur auf die Beobachtungen von Koch in Göttingen hinweisen, die wir erwähnt haben.

Früher gegebene Düngungen mit Stallmist oder Düngemitteln, die den Stickstoff in organischen Verbindungen enthalten, wie Gründüngung, Guano, Knochenmehl usw. sind zu berücksichtigen, da hier der Stickstoff nur langsam in lösliche Formen übergeführt wird und auch in späteren Jahren noch wirksam ist, während der Stickstoff einer Salpeter- oder Ammoniakdüngung schon im ersten Jahr gänzlich verbraucht zu werden pflegt und ohne Nachwirkung ist.

Alle diese Punkte sind bei der Bemessung der Düngung zu berücksichtigen. Außerdem ist aber maßgebend der Stickstoffbedarf der Pflanzen, denen die Düngung zugute kommen soll. Wir werden auf diesen Punkt noch näher eingehen, wenn wir weiter unten kurz über die Stickstoffdüngung der einzelnen Kulturpflanzen sprechen werden.

Vorher wollen wir noch in Kürze die käuflichen Düngemittel betrachten, mit deren Hilfe wir dem Boden Stickstoff zuführen können. Man kann sie in zwei Gruppen teilen. In die erste gehören die Düngesalze, die den Stickstoff in einer leicht löslichen, wenn auch nicht immer direkt für die Pflanzen aufnehmbaren Form enthalten, und im ersten Jahr voll ausgenutzt zu werden pflegen, wie der Chilesalpeter, das schwefelsaure Ammoniak und die durch Verwendung des Luftstickstoffs gewonnenen chemischen Fabrikate, der Stickstoffkalk, der Kalkstickstoff und der in Norwegen hergestellte Kalksalpeter. Zur zweiten Gruppe hat man die Düngemittel zu rechnen, die den Stickstoff in organischen Verbindungen enthalten, und sich durch eine mehrere Jahre dauernde Wirksamkeit auszeichnen.[1]) In Bezug auf die Ausnutzungsmöglichkeit

[1]) Der Kalkstickstoff enthält allerdings den Stickstoff auch in organischer Verbindung, doch muß man ihn seiner Wirkung nach zu der ersten Gruppe rechnen.

des Stickstoffs steht der Chilesalpeter an der Spitze. Er enthält den Stickstoff in einer Form, in der er von den Pflanzen direkt aufgenommen werden kann. Andererseits ist, wie wir schon gesehen haben, die Gefahr der Auswaschung bei ihm zu berücksichtigen. Daraus ergibt sich für die Anwendung, daß er am vorteilhaftesten als Kopfdüngung gegeben wird, da er dann sofort von den Pflanzenwurzeln aufgenommen wird.

Der im Handel befindliche Salpeter ist ein schmutzig weißes Salz, das 94—97 % salpetersaures Natron und geringe Beimengungen von Kochsalz, anderen Salzen und auch Verunreinigungen von Sand usw. enthält. Dem Gehalt an Natriumnitrat entsprechend ist der Stickstoffgehalt 15,5—16 %. In geringen Mengen ist im Chilesalpeter ein Pflanzengift vorhanden, das Perchlorat. Geringe Mengen davon sind unschädlich, doch kann ein Gehalt von über 1 % schon gefährlich werden, besonders bei Halmfrüchten. Am empfindlichsten dagegen ist Roggen und kann ihm auf saurem Humus nach Lemmermann schon ein Gehalt von 1/2 % schädlich sein. Es ist also bei der Untersuchung des Salpeters in der Versuchsstation auch hierauf zu achten.

Der Chilesalpeter zieht aus der Luft sehr stark Feuchtigkeit an und ist daher bei der Aufbewahrung einige Vorsicht zu beachten. Der Lagerraum muß absolut trocken sein. Da der käufliche Salpeter meist sehr stückig ist, empfiehlt es sich, ihn vor dem Ausstreuen auf einer Düngermühle zu zerkleinern.

Der Salpeter übt auf die Pflanzen eine ätzende Wirkung aus und man muß es daher vermeiden, ihn auszustreuen, solange die Pflanzen noch stark betaut oder vom Regen naß sind. Man warte dann mit dem Beginn der Arbeit, bis sie abgetrocknet sind.

Dem Chilesalpeter sehr ähnlich in der Wirkung ist der Norgesalpeter. Er wird mittels des elektrischen Flammbogens in Norwegen hergestellt. Die Salpetersäure ist in ihm statt, wie im Chilesalpeter, durch Natrium, durch Kalk neutralisiert. Da er noch hygroskopischer als der Chilesalpeter ist und an der Luft bald zerfließt, wird er in Holzfässern à 100 kg versandt und darf erst kurz vor dem Ausstreuen aus diesen genommen werden. Auch er wird am vorteilhaftesten als Kopfdüngung angewandt und gelten hier dieselben Regeln, wie beim Chilesalpeter. Ich möchte hier für die Praxis nur darauf hinweisen, daß sich die Leute, die mit der Arbeit des Ausstreuens betraut werden, sorgfältig vor der Einwirkung auf die Haut der Arme und Beine schützen müssen. Ich habe es erlebt, daß einem Mann beim Ausstreuen die Knie und Arme derartig verbrannt wurden, daß er längere Zeit arbeitsunfähig war. Da der Kalksalpeter so hygroskopisch ist, zerfließt er auf den Kleidungsstücken und dringt, wenn diese nicht dick genug sind, hindurch bis auf die Haut. Am besten wäre es, wenn man den Norgesalpeter auch als Kopfdüngung mit der Maschine ausstreuen könnte. Der Kalksalpeter enthält

13 % Stickstoff und stellt sich in ihm der Stickstoff etwa auf denselben Preis wie im Chilesalpeter. In der Wirkung auf dem Felde steht der Kalksalpeter dem Natronsalpeter kaum nach. Doch muß man berücksichtigen, daß der Natrongehalt des Chilesalpeters auf einige unserer Kulturpflanzen wie die Rüben eine besonders günstige Wirkung hat, die dem Kalksalpeter fehlt.

Nächst dem Chilesalpeter ist der gebräuchlichste Stickstoffdünger das schwefelsaure Ammoniak. Da das Ammoniak in der Regel von den Pflanzen nicht direkt aufgenommen wird, muß es im Acker durch die Tätigkeit der Bodenbakterien erst in Nitrat übergeführt werden. Dieser Vorgang kann unter günstigen Verhältnissen so schnell vor sich gehen, daß die Wirkungsweise der des Salpeters sehr ähnlich wird. Um das zu bewirken, ist vor allem für gute Durchlüftung des Bodens und für einen gewissen Kalkgehalt Sorge zu tragen. Sind alle diese Bedingungen erfüllt, so wird die Nitrifikation eine ziemlich vollständige sein. Nun wird aber nicht aller Ammoniakstickstoff in Nitrate übergeführt, da die Bakterien einen Teil zum Aufbau ihres Körpers verbrauchen, und zwar etwa 10 %, so daß 90 % des im schwefelsauren Ammoniak enthaltenen Stickstoffs in eine für die Pflanzen aufnehmbare Form übergeführt werden, wenn sonst keine Verluste auftreten. Das wird auch durch die Düngungsversuche Wagners bestätigt, der fand, daß die Wirksamkeit des Stickstoffs im Salpeter zu der des Stickstoffs im schwefelsauren Ammoniak sich etwa wie 100 : 90 verhält. Aber, wie gesagt, um das zu erreichen, müssen die für die Umwandlung im Boden günstigen Verhältnisse geschaffen werden. Sind diese nicht vorhanden, so ist der Wirkungswert natürlich ein entsprechend geringerer. Der geringeren Wirkung des Ammoniaks gegenüber dem Salpeter muß natürlich auch der Preis des Stickstoffs im Ammoniak entsprechend billiger sein.

Als Kopfdünger kann das Ammoniak nicht mit dem Salpeter konkurrieren, da es in diesem Fall an der Oberfläche des Bodens liegen bleibt und Verlusten durch Ammoniakverdunstung ausgesetzt ist. Auch wirkt es langsamer, dafür allerdings auch nachhaltiger, da es erst die Umsetzungsvorgänge durchmachen muß.

Wenn man das Ammoniak dem Boden durch Einkrümmern oder Eineggen einverleibt, hat man Verluste nicht zu befürchten, da es vom Boden gut absorbiert wird. Wenn auch ein gewisser Kalkgehalt im Boden zur guten Ausnutzung unbedingt nötig ist, so vermeidet man es doch besser, Ammoniak auf frisch gekalkten Acker zu geben, da es in diesem Fall stark zersetzt wird und Ammoniak frei wird, das, besonders wenn das Düngesalz an der Oberfläche liegen bleibt, verdunsten kann. Aus demselben Grunde darf man niemals schwefelsaures Ammoniak vor dem Ausstreuen mit kalkhaltigen Düngemitteln, wie Thomasmehl, mischen, da dann sofort sehr starke Verluste eintreten, wie man sich durch den Geruch leicht überzeugen kann.

Wie im Norgesalpeter, so wird auch bei der Herstellung von Kalkstickstoff und Stickstoffkalk der Stickstoff der Luft verwandt und zwar, indem man bei hohen Temperaturen über zerkleinertes Kalziumkarbid sauerstofffreie Luft leitet. Der Stickstoff wird vom Karbid aufgenommen und es bildet sich Kalziumcyanamid oder Kalkstickstoff. Der Stickstoff ist in diesen Düngemitteln billiger als im Salpeter oder Ammoniak, doch ist die Wirksamkeit auch eine entsprechend geringere, so daß die geringeren Kosten wieder ausgeglichen werden. Jedenfalls ist der Preis so, daß auch diese Düngemittel mit den älteren in Konkurrenz treten können.

Der Stickstoff des Kalkstickstoffdüngers ist in einer Form, wie er von den Pflanzen nicht aufgenommen werden kann. Er wird im Boden zunächst in Kalk und Cyanamid zersetzt. Das Cyanamid wird in Harnstoff übergeführt, der dann durch die Bakterientätigkeit in bekannter Weise allmählich bis zum Salpeter umgewandelt wird. Daher ist der Kalkstickstoff am geeignetsten auf besseren Böden, da hier durch die höhere Absorptionskraft des Bodens Verluste vermieden werden und die Bakterien in genügender Zahl vorhanden sind. Am wenigsten angebracht ist er auf leichten Sandböden, da hier die absorbierenden Bestandteile fehlen, und auf sauren Moorböden, da hier die Bakterien ihre Tätigkeit nicht voll entfalten können.

Als Kopfdüngung eignet er sich schon deshalb wenig, da er sehr ätzend auf die Pflanzen wirkt. Daher wird er neuerdings vielfach mit Erfolg zur Hederichbekämpfung verwandt. Die Kulturpflanzen werden sich, wenn sie genügend entwickelt sind, von der schädlichen Wirkung bald erholen. Bei Frühjahrssaat wendet man den Kalkstickstoff am besten einige Tage vor der Saat an und eggt ihn ein. Auf diese Weise vermeidet man eine schädigende Wirkung auf die keimenden Körner und jungen Pflanzen und läßt ihm Zeit zu seiner allmählichen Umwandlung in Salpeter.

Da der Kalkstickstoff sehr stark staubt und unangenehm riecht, läßt er sich schlecht mit der Hand ausstreuen. Beim Ausstreuen mit der Maschine wird er vorteilhaft mit 10 % gesiebtem Sand gut vermengt, damit er gleichmäßiger auf den Acker kommt. Beim Einschütten in die Düngerstreumaschine ist darauf zu achten, daß nichts auf den Acker verschüttet wird, da dort, wo der Kalkstickstoff in zu großen Mengen im Boden ist, die keimenden Körner zerstört werden und Fehlstellen entstehen.

Der Stickstoffgehalt beträgt 17—21 %, doch ist bei der Bemessung der Düngung zu berücksichtigen, daß der Stickstoff nicht in so hohem Maße ausgenutzt wird, wie der des Salpeters.

Während der Stickstoff in all den bisher besprochenen Düngemitteln im 1. Jahr ausgenutzt zu werden pflegt und man mit einer Nachwirkung nicht rechnen darf, werden die organischen Stickstoffdünger im ersten Jahr nur zum Teil ausgenutzt und wirken später, wie der Stalldünger und die Grün-

düngung, noch nach. Die organischen Stickstoffdünger sind zum größten Teil Abfallprodukte. Hierher gehören das Blutmehl, Hornmehl, Fleischmehl, Wollstaub, Ledermehl und einige andere. Sie haben alle nur eine untergeordnete Bedeutung, zumal da trotz der schlechteren Wirkung der Stickstoff in ihnen teurer bezahlt wird, als im Salpeter. Ihre Anwendung kommt in erster Linie auf leichteren Böden in Betracht, doch will ich wegen ihrer geringen Bedeutung nicht näher darauf eingehen.

Eine größere Bedeutung haben schon die Düngemittel, die neben ihrem Gehalt an organischen Stickstoffverbindungen noch andere Pflanzennährstoffe enthalten, wie besonders Phosphorsäure. Hierher gehören zunächst einmal die verschiedenen Guanoarten, dann das Knochenmehl und Abfallprodukte aus den Fleischkonservenfabriken, Abdeckereien usw., wie der Fray Bentos-Guano aus den Liebigschen Fleischextraktfabriken, das Dünge-Fleischmehl, Kadavermehl.

Von all diesen ist der wirksamste Dünger der aufgeschlossene Peruguano. Ein großer Teil des in ihm enthaltenen Stickstoffs befindet sich in Form von Ammoniaksalzen, der Rest in organischen Verbindungen. Daher stellt der Guano gewissermaßen ein Zwischenstück zwischen dem Ammoniakdünger und den organischen Stickstoffdüngern dar, da ein Teil der Stickstoffverbindungen schneller zur Wirkung kommt, der andere aber erst langsam und im ersten Jahr noch nicht vollständig den Pflanzen zugänglich wird. Im ganzen bezahlt man aber im Guano den Stickstoff teurer als im Chilesalpeter. Nach Schneidewind kostet das Pfund Stickstoff im Salpeter 71 Pf., im Guano 90 Pf. Es bleibt daher dem Landwirt überlassen, ob der höhere Preis für die Nährstoffe durch eine günstigere Wirkung, besonders durch die gleichzeitige Stickstoff- und Phosphorsäuredüngung, bei seinen Bodenverhältnissen gerechtfertigt wird.

Die andern Guanoarten will ich hier übergehen, da sie geringere Bedeutung haben, und will hier nur noch das Knochenmehl erwähnen, da es einer der ältesten Handelsdünger ist und stellenweis noch recht häufig und gern angewandt wird. In erster Linie kommt es aber als Phosphorsäuredünger in Betracht, da es nur etwa 3—5 % Stickstoff enthält.

Zum Schluß der Besprechung der stickstoffhaltigen Handelsdünger will ich noch kurz ein Wort über das Mischen dieser mit andern Düngemitteln sagen. Im allgemeinen ist es besser, man streut jedes Düngemittel getrennt für sich aus. Das hat einmal den Vorteil, daß man jedes in wirklich vollkommener Gleichmäßigkeit aufs Feld bringt. Beim Mischen zweier oder gar noch mehr künstlicher Düngemittel kommen, wenn man nicht ganz sorgfältig dabei verfährt und häufig das Gemisch durchschaufelt, zu leicht Ungleichmäßigkeiten vor, die natürlich die Ausnutzung stark beeinträchtigen. Aber es ist nicht nur das, sondern ein Punkt, der sehr gegen das Mischen

der Dünger spricht, wird meist gar nicht beachtet. Jedes Düngemittel verlangt, um wirklich voll zur Geltung zu kommen, eine ganz individuelle Behandlung. Das eine müßte vielleicht, um ganz zur Geltung zu kommen, schon längere Zeit vor der Aussaat gegeben werden, das andere erst unmittelbar vor der Aussaat. Werden die beiden nun gemischt und zusammen ausgestreut, so wird zum mindesten eines der beiden nicht richtig behandelt, und kommt nicht voll zur Geltung. Dadurch können Verluste entstehen, die die Ersparnisse durch das einmalige Ausstreuen vollkommen zuschanden machen.

Zum Kauf fertig gemischter Dünger ist auch wenig zu raten, da man meist das Mischen unverhältnismäßig teuer bezahlen muß. Das ist zum Beispiel beim Ammoniaksuperphosphat der Fall. Es wird hier mitunter der Ammoniakstickstoff teuerer als der Stickstoff im Salpeter.

Will man aber aus gewissen Gründen doch irgendwelche stickstoffhaltigen Düngemittel mit anderen mischen, so muß man berücksichtigen, daß nicht alle Mischungen zulässig sind, da durch gegenseitige Einwirkungen nachteilige Veränderungen vor sich gehen können. Ich möchte hier nur auf die schematische Figur von Prof. Dr. Schulze-Breslau hinweisen, die in dem Landwirtschaftlichen Kalender von O. Mentzel und A. v. Lengerke zu finden ist.

Wie wir sahen, ist der Stickstoffbedarf unserer Kulturpflanzen ein ganz verschiedener, und danach hat sich auch in erster Linie die Stärke der Düngung zu richten. Auch die Art der Düngung ist eine verschiedene, da das Aufnahmevermögen und das Verhalten der Pflanzen gegenüber den verschiedenen Düngemitteln ein verschiedenes ist. Schließlich haben wir es durch die Düngung bis zu einem gewissen Grad in der Hand, nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität der Ernte zu beeinflussen. Wir wollen, um uns einige Klarheit über diese Punkte verschaffen, die wichtigsten Kulturpflanzen hinsichtlich ihrer Ansprüche an die Stickstoffdüngung betrachten. Vorschriften und Rezepte, die für alle Fälle Gültigkeit haben, lassen sich natürlich auch hier, wie überhaupt in der Landwirtschaft, nicht geben, da die Düngung sich auch nach zahlreichen anderen Faktoren zu richten hat, wie wir schon sahen. Wir müssen uns also darauf beschränken, allgemeine Grundlagen zu geben.

Von unsern Kulturpflanzen zeigt den größten Stickstoffbedarf die Zuckerrübe. Andererseits nutzt sie aber auch vermittels ihrer Wurzel, die in große Tiefen reicht und ihre feinen Seitenwurzeln ziemlich weit aussendet, den Nährstoffgehalt des Bodens besser aus als andere Pflanzen.

Für Stallmist ist die Zuckerrübe sehr dankbar, auf leichtem Boden ist die Wirkung allerdings nicht so gut, wie auf besserem Boden. Der Grund dafür ist wohl mit, daß auf schwerem Boden die lockernde Wirkung des Stallmistes und die Anregung der Bakterientätigkeit eine größere Rolle spielt als auf leichtem. Jedenfalls ist auf besserem Boden eine Höchsternte ohne

Stalldung allein mit mineralischem Dünger nicht zu erzielen. Ebenso wird eine Gründüngung auf schwerem Boden am besten von allen Pflanzen von der Zuckerrübe ausgenutzt.

Zur Düngung mit Mineraldünger kommt für die Rübe in allererster Linie der Chilesalpeter in Betracht. Durch zahlreiche Versuche ist bewiesen, daß seine Wirkung von keinem der anderen stickstoffhaltigen Dünger erreicht wird. Auch der Norgesalpeter, dessen Stickstoffwirkung der des Chilesalpeters sonst ziemlich gleich kommt, steht hier zurück, da, wie Schneidewind nachgewiesen hat, das im Chilesalpeter enthaltene Natron steigernd auf die Erträge wirkt. Das schwefelsaure Ammoniak kann neben dem Salpeter gegeben werden, wenn die Rüben keine Stallmistdüngung erhalten haben, da es eine langsamer und etwas anhaltender fließende Stickstoffquelle liefert. Auch kann, wenn man auf einem an Stickstoff armen und zum Verkrusten neigenden Acker den ganzen Bedarf mit Chilesalpeter decken will, der Acker leicht verkrusten. Jedenfalls muß das Ammoniak vor der Bestellung gegeben und untergebracht werden.

Früher war die starke Stickstoffdüngung der Zuckerrüben etwas in Mißkredit gekommen, da man befürchtete, daß dadurch der Zuckergehalt herabgedrückt würde. Heute braucht man dies nicht mehr zu befürchten. Eine geringe Depression tritt zwar ein, doch ist sie minimal und wird durch die höheren Erträge reichlich wieder ausgeglichen. Das liegt einmal daran, daß unsere jetzigen hochgezüchteten Rüben sehr widerstandsfähig in dieser Beziehung sind. Dann weiß man, daß die Düngung mit den übrigen Nährstoffen mit der Stickstoffdüngung Schritt halten muß, wenn die Wirkung des Stickstoffs eine normale sein soll. Besonders die Phosphorsäuredüngung, die bei den Rüben am besten in Gestalt von Superphosphat erfolgt, ist für die Erhöhung des Zuckergehalts von Einfluß.

Den Salpeter gibt man als Kopfdüngung und zwar möglichst in zwei Raten, die erste kurz nach der Saat, damit den Rüben von Anfang an der genügende Stickstoffvorrat zur Verfügung steht, die zweite etwa nach der ersten Hacke. Auf besserem Boden kann man den ganzen Salpeter im ersten Entwicklungsstadium geben.

Der verkrustenden Wirkung des Salpeters wird durch das Hacken entgegengearbeitet.

Als Durchschnittsmaß der Salpeterdüngung kann man etwa 4 dz pro Hektar ansehen, doch hat sich das natürlich nach der Höhe der Stallmistdüngung usw. zu richten.

Die Futterrübe verhält sich zur Stickstoffdüngung ähnlich wie die Zuckerrübe und erübrigt es sich, hier näher darauf einzugehen.

Die Kartoffel entzieht dem Boden bei weitem nicht soviel Stickstoff, wie die Rübe. Sie nützt den Stallmist und die Gründüngung gut aus

und bedarf, wenn diese vorangegangen sind, meist keiner weiteren Stickstoffdüngung. Diese kann, wo nötig, bei Kartoffeln sehr gut mit Ammoniak geschehen, da sie dieses relativ so gut ausnutzen, wie den Salpeter. Außerdem soll das Ammoniak die Qualität günstiger beeinflussen, als der Salpeter. Auch Kalkstickstoff ist hier sehr am Platze.

Beim Kartoffelbau ist noch zu berücksichtigen, daß durch die intensive Bodenbearbeitung, wie sie bei der Bestellung und bei der Pflege üblich ist, die Bindung atmosphärischen Stickstoffs durch die Bodenbakterien sehr gefördert wird und dieser den Kartoffeln auch zugute kommt.

Der Stickstoffbedarf der Halmfrüchte ist ein geringerer als der der Hackfrüchte. Daher wird es im allgemeinen ratsam sein, in einer Fruchtfolge, in der Hackfrüchte und Halmfrüchte abwechseln, den Stallmist zu den Hackfrüchten zu geben, und die Halmfrüchte in zweiter oder dritter Tracht zu bauen. Ein fehlendes Quantum Stickstoff ist durch künstlichen Dünger zu ersetzen. Bei der Stickstoffdüngung der Getreidearten ist nun sehr vorsichtig zu verfahren, da hier gemachte Fehler viel Schaden verursachen.

Vor allem ist darauf zu achten, daß der Stickstoff als Wachstumsfaktor sich stets im Minimum befindet und den Pflanzen gegenüber den anderen Nährstoffen kein Überschuß an Stickstoff zur Verfügung steht. Düngt man zu Beginn der Entwicklung zu stark mit Stickstoff, so entwickelt sich das Getreide sehr üppig und bestockt sich stark. Die Folge davon ist, daß das Licht nicht mehr zu den unteren Stengelteilen durchdringen kann, diese im Verhältnis zu den oberen Teilen und den Blättern zu schwach werden und schließlich die Last der Pflanzen nicht mehr zu tragen vermögen. Es tritt dann das gefürchtete Lagern des Getreides ein. Will man sein Getreide also stark mit Stickstoff düngen, so muß man genügend weit drillen und möglichst in der Richtung Nord-Süd, damit auch die unteren Pflanzenteile während ihrer Entwicklung möglichst lange dem Licht ausgesetzt sind, auch auf die Gefahr hin, daß der Boden stärker austrocknet.

Ein sehr beliebtes Mittel ist es, den Winterhalmfrüchten, wenn sie im Frühjahr durch ungünstige Witterungseinflüsse einen etwas schwachen Stand aufweisen, durch eine Salpetergabe wieder auf die Beine zu helfen. Das ist aber lange nicht in allen Fällen richtig. Ist der Boden an sich reich genug an Stickstoff, so daß man unter normalen Verhältnissen keine Stickstoffdüngung mehr geben würde, so ist sie auch in diesem Fall ein Fehler. Man bekommt dann mit größter Sicherheit Lager. In diesem Fall muß man die Schäden des Winters durch mechanische Hilfen, wie man es z. B. beim Roggen durch Anwalzen mit gutem Erfolg tun kann, auszugleichen suchen.

Von den Getreidearten haben Hafer und Weizen das größte Stickstoffbedürfnis. Beide nutzen den Stallmist verhältnismäßig gut aus, doch ist

es im allgemeinen besser, sie auf mit Stallmist gedüngte Vorfrucht folgen zu lassen. Die Beidüngung mit künstlichen Düngemitteln hat sich natürlich in erster Linie nach der Stallmistdüngung zu richten, ob sie direkt oder ein oder zwei Früchte vorher gegeben ist. Dem Weizen gibt man am besten den Stickstoff in Form von Salpeter in Frühjahrs-Kopfdüngung. Auch der Hafer ist sehr dankbar für Salpeter, doch kann man bei ihm auch mit bestem Erfolg ein anderes Düngemittel anwenden, wie Kalkstickstoff oder Ammoniak, die natürlich möglichst einige Tage vor der Bestellung auszustreuen sind.

Der Roggen braucht weniger Stickstoff zu seiner Entwicklung. Steht er im Stallmist, was aber nur in besonderen Fällen der Fall sein wird, so wird sich eine weitere Stickstoffdüngung erübrigen. Auf leichtem Boden ist im Frühjahr Verabreichung von Salpeter sehr angebracht, da der Roggen dadurch zur schnellen und kräftigen Entwicklung gebracht wird. Ist aber genügend Stickstoff im Boden, so darf dies nicht geschehen.

Mit großer Vorsicht ist die Stickstoffdüngung beim Gerstenbau anzuwenden, besonders wenn man eine gute Braugerste gewinnen will. Eine zu starke Düngung mit Stickstoff erhöht bedeutend den Proteingehalt der Körner und macht sie dadurch für Brauzwecke minderwertig. Ganz besonders bei der Gerste muß man darauf achten, daß ihr nicht mehr löslicher Stickstoff zur Verfügung steht, als sie unbedingt zur normalen Entwicklung nötig hat. Daher sorge man dafür, daß die übrigen Nährstoffe alle in reichlichem Maße vorhanden sind. Eine direkte Stallmistgabe ist bei der Gerste zu vermeiden. Folgt die Gerste auf Kartoffeln, die Stallmist bekamen, so wird meist eine weitere Stickstoffdüngung überflüssig sein. Nach Rüben in Stalldung wird man unter Umständen mit künstlicher Stickstoffdüngung nachhelfen müssen. Salpeter wirkt bei der Gerste zu energisch, besser ist hier Ammoniak oder Kalkstickstoff, auch Peruguano hat sich bei Gerste als sehr wirksam erwiesen.

Zeigt sich bei der Ernte, daß man eine zu proteinreiche Gerste bekommen hat, so darf man daraus jedoch nicht ohne weiteres schließen, daß man zu stark mit Stickstoff gedüngt hat. Man muß dann zunächst erwägen, ob man einen anderen Nährstoff in zu geringem Maß gegeben hat, so daß der Stickstoff im Verhältnis zu diesem, der, als im Minimum befindlich, maßgebend für die Gesamtentwicklung war, zu stark im Boden vertreten war. Eine proteinreiche Gerste erntet man in der Regel auch in trockenen Jahren, da dann die Feuchtigkeit als Wachstumsfaktor nicht genügte, um die Gerste so zur Entwicklung zu bringen, daß sie den Stickstoff des Bodens in normaler Weise ausnutzte.

Es würde mich zu weit führen, wollte ich noch auf die übrigen Kulturgewächse eingehen. Genaueres über die Stickstoffdüngung der wichtigsten

Pflanzen findet man in Schneidewind, „Die Stickstoffquellen und die Stickstoffdüngung". Ich habe mich in meinen Ausführungen im wesentlichen an das dort Gesagte gehalten.

Betonen möchte ich nochmals, daß das in Vorstehendem Gesagte keine Regeln von allgemeiner Gültigkeit sind; ich wollte nur auf einige Anhaltspunkte hinweisen, die bei der Stickstoffdüngung zu berücksichtigen sind.

E. Die Verwertung des Luftstickstoffs für die Pflanzenernährung.

Wie wir schon sahen, muß es das Bestreben der Landwirtschaft sein, sich auf irgend eine Weise den Stickstoffvorrat der Luft nutzbar zu machen und haben auch die Schwierigkeiten dieses Problems kennen gelernt. Den gesamten Stickstoffbedarf der Pflanzen direkt aus der über dem Acker befindlichen Luft zu decken, wird wohl nie gelingen. Wir müssen aber versuchen, diese Quellen auszunutzen, soweit es irgend möglich ist, vorausgesetzt natürlich, daß der durch die dazu nötigen Maßnahmen gewonnene Stickstoff auch wirklich billiger ist, als der im gekauften Kunstdünger.

Stickstoff aus der Luft kann der Acker auf verschiedene Weise erhalten. Zunächst sind es die Niederschläge, die stets irgend welche Stickstoffverbindungen enthalten und dem Boden zuführen. Über die Art und die Bedeutung des so gewonnenen Stickstoffs haben wir schon gesprochen. Die Mengen sind zu gering, als daß sie im Stickstoffhaushalt des praktischen Landwirts irgend eine Rolle spielen könnten; außerdem haben wir es auch gar nicht in der Hand, dieselben irgendwie zu regulieren und zu vergrößern.

Eine rein chemische Bindung des atmosphärischen Stickstoffs in der Ackerkrume, an die man früher glaubte, ist nach den neueren Untersuchungen als ausgeschlossen zu betrachten, und man hat erst in neuster Zeit, als man die kleinsten pflanzlichen Lebewesen, die Bakterien, kennen gelernt hat, die Erklärung für den unzweifelhaften Gewinn des Bodens aus dem Stickstoffvorrat der Luft gefunden. Man weiß jetzt, daß es im Boden eine ganze Reihe von Bakterien gibt, die den Luftstickstoff assimilieren können und ihn den höheren Pflanzen zugänglich machen. Das geschieht auf zweierlei Weise. Einmal durch freilebende Bakterien, deren Lebensweise wir schon kennen gelernt haben und von denen uns Clostridium und Azotobacter näher bekannt sind. Dann gibt es Bakterien, die im Zusammenleben mit bestimmten höheren Pflanzen und zwar mit den Leguminosen den Stickstoff aus der Luft assimilieren und ihren Wirtspflanzen zugänglich machen, so daß es den Anschein hat, als ob diese Pflanzen selbst den Stickstoff zu ihrer Ernährung verwenden können. Diese letztere Art der Ausnutzung des atmosphärischen Stickstoffs hat in der neueren Zeit in der Praxis eine hervorragende Bedeutung erlangt durch die Einführung der Leguminosen-

gründüngung. Es ist hier, wie in so vielen Dingen, die Praxis der Wissenschaft vorangegangen, und ehe man die eigentlichen Gründe kannte, wußte man, daß gewisse Pflanzen, wie Lupinen, Klee, Erbsen usw. nicht wie z. B. Getreidearten oder Hackfrüchte den Boden an Stickstoff ärmer nach der Ernte zurücklassen, sondern ihn sogar reicher an diesem Pflanzennährstoff machen. Auf dieser Beobachtung hat Schultz-Lupitz sein Gründüngungssystem aufgebaut, das heute Allgemeingut der landwirtschaftlichen Praxis geworden ist. Erst durch die klassischen Arbeiten Hellriegels hat man die tatsächlichen Gründe dieser Erscheinung kennen gelernt. Auf diese Versuche, durch die man zu dieser Kenntnis gelangt ist, näher einzugehen, würde hier zu weit führen, und ich muß mich damit begnügen, das, was man von diesen Vorgängen weiß, kurz zu skizzieren.

Zieht man eine gut entwickelte Lupinenpflanze aus der Erde, so wird man an der Wurzel eigentümliche Verdickungen finden, sogenannte Knöllchen. Diese sind dadurch entstanden, daß gewisse Bakterien, die man nach dieser Erscheinung kurz Knöllchenbakterien nennt, in die Wurzelrinde eindringen, sich dort stark vermehren und diese eigenartigen Wucherungen erzeugen. Im Innern der Knöllchen verwandelt sich der größte Teil der Bakterien in sogenannte Bakteroïden, die schließlich von den Pflanzen resorbiert werden. Die Bakterien treten zunächst rein als Parasiten auf, indem sie der Wirtspflanze Kohlehydrate, die diese in den grünen Blättern gebildet hat, entnehmen, und den aus der Luft assimilierten Stickstoff nur zum Aufbau ihres eigenen Körpers verwenden. Die Pflanze kämpft gegen die Eindringlinge an und findet sie im Boden alle Bedingungen zu einer kräftigen, widerstandsfähigen Entwicklung vor, besonders auch eine reichliche Menge Stickstoffverbindungen, so kann es vorkommen, daß die Pflanze Sieger bleibt, die Bakterien resorbiert und nicht zur Entwicklung kommen läßt. Unter normalen Verhältnissen, besonders wenn die Pflanze keinen Überschuß an Stickstoff findet, werden die Bakterien sich weiter entwickeln und die Knöllchen bilden. In diesen Knöllchen wird nun durch die Bakterien ein Stickstoffvorrat angesammelt, aus dem dann die Wirtspflanze zehrt und unabhängig wird von dem Stickstoffvorrat des Bodens. So wird also erst mit der Zeit aus dem parasitischen Verhältnis ein symbiotisches, indem die Pflanze den Bakterien Kohlehydrate zuführt und ihnen dafür das Eiweiß entnimmt.

Ganz irrig ist die Ansicht, die man bei praktischen Landwirten noch häufig findet, daß die Pflanzen durch die Bakterien befähigt würden, selbst Stickstoff aus der Luft zu sammeln. Die Pflanzen beziehen erst von den Bakterien den Luftstickstoff.

Nach dem Absterben der Pflanzen und der Zersetzung der Wurzelrückstände gehen die noch lebensfähigen Bakterien in den Boden über und bleiben dort, bis sie wieder Leguminosen finden, mit denen sie von neuem

die Lebensgemeinschaft eingehen können. Man hat jedoch gefunden, daß die Bakterien einer Leguminosenart nicht ohne weiteres auch gleich bei einer anderen Art wirksam sind. Sie haben erst eine gewisse Zeit nötig, um sich dieser anzupassen. Auf diese Verhältnisse, die wissenschaftlich auch noch nicht genügend geklärt sind, kann ich hier nicht näher eingehen.

Finden die Knöllchenbakterien im Boden mehrere Jahre hindurch keine Gelegenheit, sich an Leguminosen anzuschließen, so verlieren sie ihre Lebensfähigkeit und die Leguminosen, die auf dies Feld kommen, können dann keine Knöllchen mehr bilden. Ebenso fehlen die Bakterien oft ganz an Orten, wo noch nie Leguminosen gestanden haben. Sie werden sich zwar meist bei regelmäßigem Leguminosenanbau einfinden, da sie auch in der Luft vorhanden sind und von anderen Orten durch die Luft zugetragen werden, doch wird es eine längere Zeit dauern, ehe sie sich so vermehrt haben, daß eine normale Entwicklung der Knöllchen stattfinden kann. Oft tritt das auch überhaupt nicht ein. In diesem Falle empfiehlt es sich, wenn man einen vollen Erfolg der Gründüngung verlangt, die Bakterien durch Impfung in den Boden zu bringen. Über die technische Ausführung dieser Bodenimpfung werden wir weiter unten sprechen.

Ehe wir jetzt von der Ausführung der Gründüngung in der Praxis sprechen, müssen wir uns ihren Zweck und ihre Wirkung klar machen. Der günstige Einfluß der Leguminosen auf den Acker ist eine lange bekannte Tatsache. Schon zur Zeit der alten Römer wurde den Landwirten von den Schriftstellern empfohlen, Lupinen anzubauen und diese unterzupflügen, um den Acker zu verbessern, und dieser Rat wurde auch befolgt. Im Mittelalter finden wir die Gründüngung besonders in Südfrankreich in Anwendung. Doch auch in Deutschland ist sie schon lange vor Schultz-Lupitz, wenn auch nicht verbreitet, so doch ein hier und da zur Verbesserung des Bodens beliebtes Mittel. Wenn aber die Gründüngung an sich alt ist, so ist es doch das Verdienst unserer Zeit, sie zum System ausgebildet und ihre wissenschaftlichen Grundlagen erforscht zu haben.

Nach unserer heutigen Kenntnis des Wesens der Gründüngung kann man von einer bodenverbessernden und einer bodenbereichernden Wirkung sprechen, wobei sich erstere auf die physikalische Beschaffenheit, die letzte auf den Nährstoffhaushalt des Bodens bezieht.

Die bodenverbessernde Wirkung der Gründüngung äußert sich in einer Vermehrung der organischen Substanz im Boden, durch die die verschiedenen Bakterien im Boden in ihrer Tätigkeit gefördert werden. Durch die untergepflügte Pflanzenmasse wird der Humusgehalt vergrößert und dadurch die Wasserkapazität und das Absorptionsvermögen des Bodens erheblich gesteigert. Dieser Umstand ist besonders wertvoll auf den leichten Sandböden, die an sich große Verschwender bezüglich des Wasser- und Nährstoffhaushaltes

sind. Durch die Beschattung des Ackers in der Zeit zwischen Ernte und Neubestellung werden besonders die Bakterien, die bei der Erzeugung einer guten Ackergare mitzuwirken haben, günstig beeinflußt. Da die meisten Leguminosen sehr tiefgehende Wurzeln haben, wird durch die Gründüngung gleichzeitig eine gewisse Tiefkultur ausgeführt. Die sich zersetzenden Wurzelrückstände lassen in den tieferen Bodenschichten feine Kanälchen zurück, denen die Wurzeln der Nachfrucht gern folgen und so besonders in trocknen Jahren in Schichten gelangen, in denen sie stets noch ausreichende Feuchtigkeit vorfinden. Hierauf und auf die Erhöhung der Wasserkapazität durch Humusvermehrung ist die Erscheinung zurückzuführen, daß in Gründüngungswirtschaften selbst in sehr trocknen Jahren die Pflanzen selten Wassermangel leiden.

Durch ihr ausgedehntes Wurzelsystem vermögen die Leguminosen den Nährstoffgehalt eines sehr großen Bodenvolumens auszunutzen. Außerdem ist nachgewiesen, daß sie noch Nährstoffe in schwerer löslichen Formen, in denen sie den meisten andern Pflanzen nur wenig zugänglich sind, in reichlichem Maße aufnehmen können. Diese Nährstoffe können dann von der Nachfrucht, wenn sich die untergepflügten Leguminosen im Boden zersetzen, besser ausgenutzt werden.

Alle bisher erwähnten günstigen Wirkungen einer Gründüngung könnte man jedoch auch mit andern Pflanzen, wie z. B. mit Senf erzielen. Etwas Neues erhält der Acker dadurch nicht, und die Bezeichnung „Düngung" hätte keine volle Berechtigung. Aber dadurch, daß wir Leguminosen verwenden und uns die stickstoffassimilierende Tätigkeit der mit ihnen zusammen lebenden Bakterien zunutze machen, führen wir dem Boden tatsächlich neue Pflanzennährstoffe zu. Aber da wir nur Stickstoff dadurch gewinnen, bleibt die Gründüngung eine einseitige Düngung und kann den Stallmist nicht gleichwertig ersetzen. Man könnte ja die fehlenden Nährstoffe durch Kunstdüngergaben ersetzen, aber die wohltätige Wirkung, die der Stalldünger besonders auf die Mikroorganismen im Boden ausübt, kann die Gründüngung nie ganz ausüben. Daher konnte es auch der Gründüngung nicht gelingen, den Stallmist zu verdrängen, und ein viehloses Wirtschaftssystem wird nur unter ganz besondern Verhältnissen eine Berechtigung haben. Unter normalen Verhältnissen werden Stallmistdüngung und Gründüngung Hand in Hand zu gehen haben und die Gründüngung hat die Aufgabe, die Wirkung der Stallmistdüngung zu unterstützen und zu erhöhen. Dabei ist auch in Gründüngungswirtschaften der Behandlung des Stalldüngers und der Jauche die größte Aufmerksamkeit zu widmen. Andernfalls kommt es darauf hinaus, daß man den Stickstoff, den man in den Exkrementen achtlos verloren gehen läßt, mühsam und mit erhöhten Kosten durch die Gründüngung wieder hereinholen muß, und das ist natürlich sehr unwirtschaftlich. Denn dadurch, daß wir

durch die Leguminosengründüngung Stickstoff in den Boden bringen, wollen wir später an künstlichem Stickstoffdünger sparen können. Das können und müssen wir auch, wenn wir einen vollen Nutzen der Gründüngung haben wollen.

Am meisten ist die Gründungung auf leichtem Boden angebracht, da hier ihre günstige Wirkung in jeder Beziehung am besten zur Geltung kommt. Ja, es ist uns durch die Gründüngung ein Mittel in die Hand gegeben, durch das wir mitunter selbst solche Böden, die früher durch keine Maßnahmen dahin zu bringen waren, einen bescheidenen Ertrag zu geben, kulturfähig zu machen. Mit steigender Güte des Bodens sinkt auch die Wirksamkeit der Gründüngung. Entweder hat der Boden die Anreicherung mit Humus nicht nötig oder er ist an sich so reich an Stickstoff, daß eine Stickstoffbindung aus der Atmosphäre nur noch in geringem Maße stattfindet.

Für die Ausführung der Gründüngung kennt man drei Systeme: den Anbau als Hauptfrucht, als Untersaat oder als Stoppelsaat.

Werden die Gründüngungspflanzen als Hauptfrucht des Jahres angebaut, so geht eine ganze Ernte verloren und wird dadurch das System verhältnismäßig sehr teuer. Dieser Fall kommt eigentlich nur in Betracht, wo Neuland in Kultur genommen wird und der Boden so schlecht ist, daß man eine völlige Mißernte zu erwarten hat. Die geeignete Pflanze hierfür ist die Lupine und man kann, um wenigstens einigen Ertrag im Jahr zu haben, diese ausreifen lassen und die Körner durch Abstreifen der Hülsen mit der Hand ernten, wie es von Rümker empfiehlt. Das Kraut wird untergepflügt und erfüllt dann vollkommen seinen Zweck. Eine geeignete Nachfrucht ist hier außer der Kartoffel der Roggen, der auf so leichtem Boden für Gründüngung sehr dankbar ist. Man kann dann die Lupinen so früh unterpflügen, daß der Boden Zeit hat, sich bis zur Bestellung des Roggens genügend zu setzen, ohne daß man deswegen das Wachstum der Gründüngungspflanzen vorzeitig unterbrechen muß, wie es der Fall wäre, wenn man den Roggen auf Zwischenfruchtgründüngung folgen läßt. Aber, wie gesagt, kommt die Gründüngung als Hauptfrucht des Jahres nur für extrem ungünstige Verhältnisse in Betracht, sei es, daß der Boden zu minderwertig ist, oder daß man befürchtet, daß die Gründüngung wegen schlechter klimatischer Verhältnisse bei Aussaat nach der Ernte sich nicht mehr genügend entwickeln kann.

Im letzten Fall wendet man allerdings besser die Untersaat an, indem man in die Vorfrucht, wie Roggen oder Gerste die Gründüngungspflanzen, meist Serradella, oder gewisse Kleearten einsät. Die Lupinen sind in diesem Fall sehr unsicher, da man sie erst etwa 4 Wochen vor dem Reifwerden des Roggens aussäen darf und der Aufgang von der Witterung sehr abhängig ist. Immer wird jedoch der Nutzen bei der Gründüngung als Untersaat durch den Ernteausfall bei der Deckfrucht stark herabgedrückt.

Einmal muß man die Deckfrucht entsprechend dünner aussäen, um die Untersaat gut zur Entwicklung kommen zu lassen. Dann wird der Deckfrucht aber auch ein großer Teil Wasser und Nährstoffe entzogen, so daß man gezwungen ist, die Düngung entsprechend stärker zu nehmen. Andererseits fallen aber bei diesem System die besonderen Bestellungsarbeiten fort. Im allgemeinen wird auch die Untersaat nur durch besondere Verhältnisse gerechtfertigt sein.

Unter normalen Umständen wird man stets der Gründüngung als Stoppelfrucht den Vorzug geben müssen. Grundbedingung für ein gutes Gelingen derselben ist eine günstige klimatische Lage. Die Frucht, der die Gründüngung folgen soll, darf nicht zu spät reifen, damit die Gründüngung im Herbst noch genügend Zeit hat, sich zu entwickeln. Aus demselben Grunde ist ein zu frühes Eintreten von Frost ungünstig. Vor allen Dingen müssen aber in der Zeit nach der Ernte genügende Niederschläge kommen. In Gegenden, wo man im Spätsommer und Herbst regelmäßig längere Trockenheitsperioden zu erwarten hat, wird man mit der Gründüngung keinen Erfolg haben und unterlasse sie lieber ganz. Daher hat sich z. B. in Ungarn die Gründüngung nicht allgemein einführen lassen, da dort in dem kontinentalen Klima stets die zum Auflaufen nötige Feuchtigkeit fehlt.

Für die Ausführung des Zwischenfruchtbaus ist als Grundregel zu beachten, daß der Gründüngung so viel Zeit zur Entwicklung zur Verfügung gestellt wird, wie irgend möglich ist. Daher soll noch möglichst an demselben Tage, wo das Getreide gemäht ist, der Pflug der Sense folgen. „Ein Tag Vorsprung im Juli bedeutet mehr für den Erfolg, als 10 Tage Wachstum im Oktober" sagt Schultz-Lupitz, der Altmeister der Gründüngung.

Man lasse sofort den Schlepprechen gehen, stelle das Getreide in möglichst weit voneinander entfernten, genau parallelen Reihen auf und lasse die Stoppel sofort schälen. Ein Eggenstrich vor der Saat ist nur da unbedingt nötig, wo der Acker stark verqueckt ist. Sonst genügt die Walze, die den Boden fest drückt und für Feuchtigkeit in den obersten Schichten sorgt. Dann folgt die Drillmaschine. Nach dem Drillen walzt man besser nicht, da dann durch Verdunstung an der Oberfläche zu viel Wasser verloren geht.

Uns interessiert hier hauptsächlich die Stickstofffrage bei der Gründüngung und, wie wir die Stickstoffsammlung der Leguminosen unterstützen und fördern können. Wo noch nie Leguminosen angebaut worden sind, kann es, wie wir sahen, vorkommen, daß die Knöllchenbakterien ganz fehlen. Das war z. B. auf den Emsmooren der Fall, wo man vergebens versucht hatte, Erbsen zur normalen Entwicklung zu bringen. Da kam als erster Saalfeld, der Vorsteher der Emsabteilung der Moorkulturstation Bremen, auf den Gedanken, dem Boden die Knöllchenbakterien zuzuführen. Er tat dies, indem er Erde von einem Felde, wo die Erbsen gut gediehen, auf die fraglichen

Felder brachte. Der Erfolg war ein voller. Die Erbsen bildeten von nun an auch dort Knöllchen und zeigten ein gutes Wachstum. Dies Verfahren ist in der Praxis noch oft ausgeführt worden und hat sich stets bewährt. Es ist dies die einfachste Form der Bodenimpfung und ist auch heute noch unter entsprechenden Verhältnissen zu empfehlen. Ehe man jedoch zur Bodenimpfung schreitet, überzeuge man sich, ob nicht etwa das schlechte Gedeihen der Leguminosen auf andere Ursachen zurückzuführen ist. Die Bodenimpfung äußert nur dann die gewünschte Wirkung, wenn den Gründüngungspflanzen alle andern Wachstumsfaktoren hinreichend zur Verfügung stehen. Zur Ausführung dieser Art Bodenimpfung sei noch bemerkt, daß man sie möglichst kurz vor der Aussaat der Leguminosen vornimmt, da es sonst vorkommen kann, daß die Knöllchenbakterien von den anderen Bodenbakterien, die auf dem geimpften Acker natürlich bei weitem in der Überzahl sind, überwuchert werden und zugrunde gehen. Die Impferde muß den obersten Bodenschichten, bis etwa zu 20 cm Tiefe, entnommen werden und muß vor Austrocknung geschützt werden. Nach dem Breiten ist sie daher möglichst sofort einzueggen oder einzugrubbern.

Diese etwas umständliche Art der Bodenimpfung hat man neuerdings dadurch zu vereinfachen gesucht, daß man die Knöllchenbakterien in Reinkultur züchtete und damit entweder den Acker oder den Samen impfte. So entstand z. B. das Nitragin, das früher von den Höchster Farbwerken in den Handel gebracht wurde. Es hatte sich jedoch als sehr unsicher im Erfolg gezeigt und wurde wieder fallen gelassen. Jetzt wird das Nitragin von den Agrikulturwerken, Dr. A. Kühn in Bonn nach einem neuen Verfahren hergestellt und hat sich bei Versuchen gut bewährt. Der Impfstoff ist nicht sehr teuer, die für einen Hektar nötige Menge kostet 7,50 M. Genaue Gebrauchsanweisung findet man in dem Prospekt der Firma.

Betont muß aber nochmals werden, daß eine Bodenimpfung nur dann Erfolg haben kann, wenn die Knöllchenbakterien im Acker überhaupt, oder wenigstens die der betreffenden Leguminosenart angepaßten Bakterien fehlen.

Um die Stickstoffsammlung der Leguminosen möglichst kräftig zu gestalten, ist darauf zu sehen, daß alle Nährstoffe außer Stickstoff reichlich im Boden vorhanden sind. Man muß die Gründüngungspflanzen stickstoffhungrig machen, indem man ihnen alle übrigen Vegetationsfaktoren, besonders Kali und Phosphorsäure im Überschuß zur Verfügung stellt. Je mehr der Stickstoff den andern Nährstoffen gegenüber im Minimum ist, um so energischer wird er aus der Luft gesammelt. Die Gründüngung selbst wird man in den seltensten Fällen düngen, schon deshalb, weil dadurch Zeit verloren geht. Man muß daher bei der Düngung der Vorfrucht eine Überschußdüngung geben, so daß der Zwischenfrucht nach der Ernte noch genügend Nährstoffe zurückgelassen werden.

Wie man es mit einer Stickstoffdüngung zu halten hat, ist nach dem Gesagten selbstverständlich. Sie kann nur dann angebracht sein, wenn die Leguminosen in der ersten Entwicklungsperiode, wo die Knöllchen noch nicht genügend entwickelt sind, auf besonders armem Boden stark kümmern. Dann wird man ihnen durch eine schwache Salpetergabe, etwa 1—1,5 Ztr. pro Hektar, über diese Zeit hinweghelfen müssen, da sie sonst zu sehr zurückbleiben.

Gründüngung in Stallmist zu bauen, ist ganz unzweckmäßig. Schon die Bestellung wird dadurch zu sehr verzögert. Ich habe es erlebt, daß zur Gründüngung eine Stallmistdüngung gegeben wurde, in der Absicht, die Zwischenfrucht zur möglichst schnellen Entwicklung zu bringen, da die Zeit zur Bestellung eigentlich schon etwas zu weit vorgeschritten war. Der Erfolg war, daß der Senf, der im Gemenge mit den Leguminosen angebaut war, sich äußerst üppig entwickelte, die Leguminosen aber stark zurückblieben. Zog man diese aus der Erde, so zeigten sie eine schwache, teilweise gar keine Knöllchenbildung. Eine Bereicherung des Bodens mit Stickstoff konnte also nur in geringem Maße eingetreten sein und die Gründüngung hatte höchstens den Erfolg, den Acker mit organischer Substanz anzureichern und den Stickstoff vor Auswaschung zu schützen. Das war aber durch eine Senfgründüngung allein auch zu erreichen. Die Leguminosen sind gegen Unruhe im Boden sehr empfindlich. Sät man sie also in frischen Stallmist, bei dessen Zersetzung der Acker in dauernder Bewegung ist, so wird dadurch die Entwicklung stark beeinträchtigt. Durch den Stallmist kommt außerdem viel Stickstoff in den Boden und die Leguminosen nehmen diesen zu ihrer Ernährung. Infolgedessen findet eine schwächere Stickstoffassimilation aus der Luft statt. Die Knöllchenbildung soll auch durch das Vorhandensein größerer Mengen noch unzersetzter organischer Substanz im Boden beeinträchtigt werden.

Das Stickstoffsammlungsvermögen der einzelnen Leguminosen ist verschieden, aber wir sahen, daß der Zweck der Gründüngung nicht allein im Stickstoffgewinn besteht, sondern daß wir auch eine möglichst große Masse Pflanzensubstanz dem Boden einverleiben wollen, und daß wir durch die Tiefwurzler der Nachfrucht den Zugang zu den tieferen Bodenschichten verschaffen wollen. Alle diese Punkte sind bei der Auswahl der Pflanzen zu berücksichtigen. Dazu kommt noch, daß sich Pflanzen, die auf leichtem Boden ausgezeichnet gedeihen, weniger für guten Boden eignen und umgekehrt.

Das höchste Stickstoffsammlungsvermögen besitzen die weiße Erbse und die Lupine, besonders die blaue. Die Lupine ist außerdem ein ausgezeichneter Tiefwurzler, während die Erbse mit ihrem ausgedehnten Wurzelsystem mehr an der Oberfläche bleibt. Daher eignet sich ein Gemenge dieser beiden Pflanzen, in dem die Lupine vorherrscht, besonders für leichtere Böden. Für ganz leichte Sandböden ist nur die Lupine zu gebrauchen.

Auf allen besseren Böden empfiehlt es sich jedoch, Gemenge anzubauen, damit die guten Eigenschaften der verschiedenen Pflanzen sich gegenseitig ergänzen. Oft ist es sogar ratsam, das Gemenge nicht nur aus Leguminosen zusammenzusetzen, sondern z. B. Senf oder Raps mit einzumengen, da diese Pflanzen den Boden schnell beschatten, gute Tiefwurzler sind und hohe Massenerträge an Pflanzensubstanz geben.

Sehr bewährt hat sich in der Praxis folgendes Gemenge:

blaue Lupinen	100	Pfd.
Erbsen	10	„
Senf	2	„
Raps	1	„
Aussaatmenge für $^1/_4$ ha . . .	113	Pfd.

Senf und Raps haben die Eigenschaft, den im Boden verfügbaren Stickstoff sehr schnell aufzunehmen und entziehen ihn so den Leguminosen, die auf diese Weise gezwungen werden, ihren Bedarf in höherem Maße aus der Luft zu decken. Da Senf und Raps sich sehr schnell entwickeln, unterdrücken sie die langsamer wachsenden Unkräuter, während die Lupinen besonders durch den Senf zu rascherem Wachstum angeregt werden, da sie bestrebt sind, aus dem Schatten ans Licht herauszuwachsen.

Um möglichst viel Stickstoff aus der Atmosphäre zu gewinnen, ist es nötig, die Gründüngung möglichst lange auf dem Felde stehen zu lassen. Nur wenn Winterung auf die Gründüngung folgt, was aber im allgemeinen selten und nur unter besonderen Umständen zweckmäßig ist, muß sie früher untergepflügt werden. Folgt Sommerung oder Hackfrucht, so ist es in der Regel besser, man läßt die Gründüngung abfrieren und pflügt sie nach Winter oder in frostfreien Zeiten während des Winters oder Spätherbstes unter. Verluste finden dadurch nicht statt und die Gründüngungsmassen sind bis zur Bestellung genügend zersetzt.

Das Unterpflügen darf nicht zu tief geschehen, da sonst die Zersetzung zu langsam und unvollständig verläuft. Andererseits muß aber die Pflanzenmasse vollkommen mit Erde bedeckt sein, da sonst Verluste eintreten.

Sehr zweckmäßig ist es, zur Gründüngung eine leichte Stallmistdüngung zu geben, besonders wenn Hackfrüchte folgen. Der Stallmist bewirkt durch reichliche Bakterienzufuhr eine bessere Zersetzung. Eine weitere Stickstoffbeidüngung richtet sich ganz nach den Bodenverhältnissen, nach dem Stickstoffbedarf der Nachfrucht und nach dem Stand der Gründüngung. Künstliche Stickstoffdünger, besonders Ammoniak und Salpeter, dürfen jedoch niemals gegeben werden, solange der Stallmist und die Gründüngung nicht bis zu einem gewissen Grad zersetzt sind, da sonst Umsetzungen erfolgen, die den leicht löslichen Stickstoff in für die Pflanzen unzugängliche Formen bringen und so die Ausnutzung stark beeinträchtigen.

Bei einer weiteren Stickstoffdüngung dürfen wir nie vergessen, daß durch die Gründüngung schon erhebliche Mengen Stickstoff in den Acker gebracht sind und daß wir die Stickstoffdüngung der Nachfrucht auch dementsprechend einschränken können.

Die Gründüngung wird am besten ausgenutzt durch die Hackfrüchte und wird sie zu diesen auch am häufigsten angewandt. Bei Kartoffeln kann es vorkommen, daß der Gründüngungsstickstoff infolge zu späten Unterpflügens noch nicht genügend nitrifiziert ist, und daß dadurch der Stickstoffbedarf, der bei der Kartoffel im ersten Wachstumsstadium besonders stark ist, voll gedeckt werden kann. In diesem Fall würde es nötig sein, mit einer Salpeter- oder Ammoniakdüngung helfend einzugreifen. Schiebt man das Unterpflügen der Gründüngung jedoch nicht zu weit hinaus, wird das kaum nötig sein.

Von den Halmfrüchten wird die Gründüngung am besten vom Hafer ausgenutzt. In der Regel wird man es jedoch so einrichten, daß auf Gründüngung eine Hackfrucht folgt und erst in zweiter oder dritter Tracht eine Halmfrucht.

Auf leichten Böden verläuft die Zersetzung der Gründüngungsmassen im Boden sehr rasch, so daß die gebildeten Nitrate entweder ausgewaschen oder in schwerer lösliche Verbindungen übergeführt sind, ehe die Pflanzen sie aufnehmen können. Auf solchen leichten, tätigen Böden wird man die größte Ausnutzung des Gründüngungsstickstoffs nur durch die Kartoffeln erzielen, da diese am frühsten von allen Kulturpflanzen mit der Stickstoffaufnahme beginnt.

Während bei der Gründüngung durch die Knöllchenbakterien der Leguminosen in der Regel nur während einiger Monate im Jahr der Stickstoff der Luft gebunden wird, entfalten die freilebenden stickstoffbindenden Bakterien während des ganzen Jahres ihre Tätigkeit. Unsere Aufgabe in der Praxis muß es nun sein, diese nach Möglichkeit zu unterstützen und die dafür günstigen Bedingungen zu schaffen. Dazu müssen wir aber die Lebensweise und die Faktoren, die bei der Stickstoffbindung eine Rolle spielen, kennen. Dank der unermüdlichen Arbeit der Forscher auf diesem Gebiet wissen wir jetzt schon eine ganze Menge über diese Bakterien, wenn auch noch lange nicht genug. Was von ihnen bekannt ist, haben wir an früherer Stelle in kurzem Abriß kennen gelernt und haben gesehen, daß Grundbedingungen für eine rege Stickstoffbindung durch diese Bakterien gute Durchlüftung des Bodens und ein genügender Vorrat geeigneter organischer Verbindungen als Kohlenstoffquelle sind. Auf diese Erkenntnisse müssen wir vorläufig unsere Maßnahmen stützen.

Es lag der Gedanke nahe, durch künstliche Vermehrung der Bakterien durch Impfung die Stickstoffbindung zu erhöhen. Tatsächlich hat das auch Rittergutsbesitzer Caron-Ellenbach versucht, indem er auf Grund seiner Beobachtungen und Versuche schließlich einen Bazillus in Reinkultur züchtete, dem er den Namen Bacillus Ellenbachensis alpha gab. Die Kultur wurde dann von den Farbwerken Fr. Bayer & Co. im großen hergestellt und als „Alinit" in den Handel gebracht. Indem man das Alinit auf den Acker gibt, besonders zu Halmfrüchten, soll man erhebliche Mehrerträge erzielen und unter Umständen eine Salpeterdüngung ganz sparen.

Der wissenschaftlichen Prüfung hat dies Verfahren jedoch nicht standgehalten und es hat sich gezeigt, daß bei exakt durchgeführten Versuchen Erfolge nicht erzielt wurden.

Eine Impfung mit stickstoffbindenden Bakterien wird vorläufig stets erfolglos sein, da diese überall im Boden vorkommen, und unsere Aufgabe kann es nur sein, ihnen zum guten Gedeihen behilflich zu sein. Anders wäre es, wenn es einmal gelingen würde, ganz besonders wirksame Bakterien herauszuzüchten, wie unsere hochgezüchteten Heferassen und Milchsäurebakterien. Doch sind hier die Verhältnisse zu verschieden, als daß wir in absehbarer Zeit auf diesem Gebiet etwas erwarten dürfen.

Das große Verdienst Carons besteht vor allem darin, daß er, ein Mann aus der Praxis, die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung der Bodenbakterien gelenkt hat. Er war es auch, der eine genaue Prüfung der Wirkung einer Schwarzbrache angeregt hat, indem er sie auf seinem Gute Ellenbach einführte und damit gute Erfolge erzielte. Er ging dabei von der Beobachtung aus, daß die Zahl der Bakterien im Acker im Herbst am größten war nach Schwarzbrache, geringer nach Blattfrüchten, wie Kartoffeln und Rüben, ganz bedeutend geringer aber nach Halmfrüchten. Er führte deshalb in regelmäßigen Zeitabständen ein Brachejahr ein, in der Erwartung, daß sich in diesem Jahr die Bakterienflora bedeutend entwickeln werde und besonders die stickstoffbindenden Bakterien den Acker dermaßen mit diesem Pflanzennährstoff anreichern würden, daß die Stickstoffdüngung auf ein äußerstes Maß beschränkt werden könne.

Auch die Frage der Schwarzbrache ist jetzt eingehend geprüft und untersucht worden und man kann sie, obwohl es noch viel zu klären gibt, im allgemeinen dahin beantworten, daß zwar bei besonderen Bodenverhältnissen, wie auf extrem schweren Böden, die Brache zur Erzielung der nötigen Ackergare und der Krümelstruktur nötig ist, unter normalen Verhältnissen aber dieser Effekt durch sorgfältige Bodenbearbeitung zwischen Ernte und Aussaat, sog. Teilbrache, erreicht werden kann. Wie die Schwarzbrache auf die Stickstoffbindung durch die Bodenbakterien wirkt, ist noch nicht ganz geklärt, doch ist der Stickstoffgewinn sicher kein so großer, daß er den Ausfall einer ganzen

Jahresernte rechtfertigen kann. Die beobachtete günstige Wirkung der Schwarzbrache ist in erster Linie wohl darauf zurückzuführen, daß die Nährstoffe im Boden durch die Brache besser aufgeschlossen und den Pflanzen zugänglich gemacht werden. Ersetzt man diese Nährstoffe, auch den Stickstoff, nicht in entsprechendem Maße, so treibt man Raubbau, der sich später sehr empfindlich rächt.

Jedenfalls haben alle diese Versuche uns nicht dem Ziel näher gebracht, durch ein besonderes Verfahren den Luftstickstoff durch die freilebenden Bodenbakterien in höherem Maße zu binden. Der begeisterte Optimismus, der damals nach dem Bekanntwerden der Entdeckungen Winogradskys u. a. weite Kreise ergriff, war zum mindesten verfrüht und hat auch inzwischen einer ruhigeren Auffassung Platz gemacht. Haben wir bis jetzt auch noch keine Resultate dieser Forschungen, die einen entscheidenden Einfluß auf die landwirtschaftliche Praxis haben, in den Händen, so verdient die Sache doch, mit großem Eifer weiter verfolgt zu werden. Den an dieser Forschungsarbeit mitwirkenden Gelehrten und Instituten sind die nötigen Mittel in weitgehendstem Maße zur Verfügung zu stellen und ihnen auch, last, not least die nötige Zeit zu ihrer Arbeit zu lassen.

Das Beste, was wir durch die Erkenntnis des Lebens im Acker bisher bekommen haben, ist, daß unsere Aufmerksamkeit in erhöhtem Maße auf eine sorgfältige Bodenbearbeitung gelenkt worden ist. Wir haben den Acker jetzt als eine komplizierte Organismenwelt zu betrachten, mit der wir nicht machen können, was wir wollen, sondern die durch jeden fehlerhaften Eingriff gestört wird und sich dafür rächt, indem sie ihre Lebenstätigkeit in einer für uns ungünstigen Weise äußert oder zum Teil zu unserm Schaden einstellt.

Für die Stickstoffbindung aus der Atmosphäre sind alle Maßnahmen, die zu einer reichlichen Durchlüftung des Bodens beitragen, von Bedeutung. Nur dort, wo sie mit der Luft in Berührung treten können, entfalten die stickstoffbindenden Bakterien ihre Tätigkeit. Außerdem müssen wir, auch in der Zeit, wo keine Kulturpflanzen auf dem Felde stehen, durch geeignete Maßnahmen den Acker vor dem Austrocknen schützen, da das Wasser für die Bakterien ein wichtiger Vegetationsfaktor ist, wogegen ein Zuviel an Nässe die Luftzirkulation im Boden hindert und daher zu verhüten ist.

Eine der wichtigsten Maßnahmen ist, nach der Ernte, besonders der Halmfrüchte, die dann meist sehr feste, abgeschlossene Ackeroberfläche zu öffnen, indem wir die Stoppeln sofort umschälen. Das hat, auch wenn wir keinen Zwischenfruchtbau treiben, so schnell wie möglich zu geschehen. Dem Pflug folgt die Walze, die dafür sorgt, daß die Feuchtigkeit bis in die obersten Schichten steigt, damit sich die Ernterückstände möglichst schnell zersetzen. Ist dies geschehen, so lockert man die Oberfläche mit der Egge wieder auf, damit durch Oberflächenverdunstung kein Wasser verloren geht. Außerdem

verschaffen wir der Luft hierdurch in erhöhtem Maße den Eintritt in den Boden. Man hüte sich aber vor zu vielem Eggen. Der Acker muß auf alle Fälle krümelig bleiben. Nur so nimmt er die Niederschläge schnell auf und bleibt an der Oberfläche stets offen. Durch zu vieles Eggen geht unter Umständen die Krümelstruktur vollkommen verloren, und die Oberfläche schließt sich ab. Dadurch leidet die gesamte Bakterienflora im Boden. Kommt dann womöglich noch ein starker Regen, so schwimmt der Boden vollkommen zusammen und wird wie eine Scheunentenne. Dasselbe gilt vom Eggen vor der Drillmaschine. Auch hier ist ein Zuviel oft viel gefährlicher als ein Zuwenig. Folgt gleich nach der Bestellung ein starker Regen, so verschlämmt der Acker und wird beim Austrocknen so hart an der Oberfläche, daß kein Keim sie durchdringen kann. Eine solche harte Kruste wird man dann oft weder mit der Walze noch sonst einem Gerät aufbrechen können, um den Keimpflänzchen einen Durchgang zu verschaffen und es bleibt einem nichts weiter übrig, als umzupflügen und noch einmal zu bestellen.

In dem einmal übergeeggten Zustand bleibt dann der Acker liegen bis zur Herbstsaatfurche, ohne daß daran gerührt wird, da die Bodenorganismen nicht unnötig gestört werden dürfen. Folgt Sommerung, so wird nach Möglichkeit noch vor Winter tief gepflügt und der Acker bleibt in rauher Furche über Winter liegen. So haben die Atmosphärilien freien Eintritt und der Boden kommt in großer Oberfläche mit der Luft in Berührung.

Beim Pflügen ist in erster Linie darauf zu achten, daß der Boden nicht zu naß ist. Er muß vollkommen krümelig vom Streichbrett fallen und nicht in großen zusammenhängenden Schollen oder speckigen Streifen. Diese werden beim Trocknen hart wie Zement und schließen die Luft ab. Die Furchen sind nicht zu breit zu nehmen, damit der Boden gut durchlüftet wird. Beim Motor- oder Dampfpflug kann die Furche breiter genommen werden, da bei der größeren Geschwindigkeit dieser Pflüge der Boden viel energischer durch die die Luft geschleudert und so besser durchlüftet wird. Die Anwendung eines Vorschares ist beim Unterpflügen von Stallmist oder Gründung nicht sehr ratsam, da der Mist in zusammenhängender Masse auf die Pflugsohle gelegt wird, zu tief kommt und zu wenig mit der Ackerkrume gemischt wird. Es muß überhaupt beim Pflügen, besonders beim Tiefpflügen angestrebt werden, daß die keimreichen oberen Schichten mit den keimärmeren tieferen bis zu einem gewissen Grade gemischt werden, damit die Mikroorganismentätigkeit in der ganzen Ackerkrume möglichst gleichmäßig stattfindet. Vollkommen wendende Pflüge sind daher im allgemeinen nicht sehr zweckmäßig, da sie die tätige obere Schicht auf die Pflugsohle und den toten Boden oben darauf legen. Die Bakterien brauchen so eine geraume Zeit, bis sie sich an der Oberfläche wieder genügend vermehrt haben, daß ihre günstige Wirkung ganz zur Geltung kommt.

Je mehr wir die Ackerkrume vertiefen, um so größer ist nicht nur das Bodenvolumen, das wir den Pflanzenwurzeln zur Verfügung stellen, sondern wir bewirken dadurch auch, daß die Stickstoffsammlung bis in größere Tiefen hinein stattfindet, da die Luft tiefer eindringen kann. Bei der Vertiefung der Ackerkrume ist jedoch große Vorsicht geboten. Geht man von der Flachkultur durch plötzliches Tiefpflügen zur Tiefkultur über, so bringt man soviel toten Boden an die Oberfläche, daß die Bakterien Jahre brauchen, ehe sie wieder eine normale Tätigkeit entwickeln können. Am besten geht man so vor, daß man die Pflugfurche von Jahr zu Jahr um ein weniges vertieft, den Untergrund aber regelmäßig durch einen geeigneten Untergrundpflug, wie den Bentzkyschen, auflockert. Vergessen darf man nicht, daß der Boden bei der Vertiefung der Ackerkrume eine verstärkte Düngung, besonders mit Stalldung, beansprucht.

Da die Stickstoffbindung erwiesenermaßen am regsten während der warmen Sommermonate verläuft, so müssen wir gerade während dieser Zeit ihre Tätigkeit möglichst unterstützen. Das geschieht einmal dadurch, daß wir die Stoppeln möglichst schnell umbrechen und den Boden der Luft zugänglich machen. Dann müssen wir aber auch, während noch die Kulturpflanzen auf dem Felde stehen, dafür sorgen, daß die Oberfläche sich nicht abschließt. Bei der Pflege der Hackfrüchte wird dafür am meisten gesorgt. Besonders bei der Kultur der Kartoffel werden für die stickstoffbindenden Bakterien die günstigsten Verhältnisse geschaffen, da bei dem mehrfachen Anhäufeln und Behacken der Acker dauernd gut durchlüftet wird und bei der Kultur der Kartoffeln auf Dämmen in großer Oberfläche mit der Luft in Berührung steht. Es ist auch nachgewiesen, daß gerade beim Kartoffelbau ein bedeutender Stickstoffgewinn stattfindet.

Nicht ganz so günstig steht es bei der Zuckerrübe, doch wird auch hier durch das Hacken die Oberfläche offen gehalten.

Anders ist es bei den Halmfrüchten. Hier wurde früher und wird auch heute noch in den weitaus meisten Fällen an den Feldern nach dem Aufgang des Getreides nichts mehr getan. Der Acker bekommt an der Oberfläche eine feste Kruste, die der Luft den Eintritt in den Boden sehr erschwert oder fast ganz behindert. Hierauf ist auch die Beobachtung Carons zurückzuführen, daß nach Halmfrüchten der Acker im Herbst am ärmsten an Bakterien ist. Hier haben die neuen Kulturmethoden eine wohltuende Änderung geschaffen, da sie alle mehr oder weniger auf eine Lockerung der Bodenoberfläche noch während der Vegetationszeit hinzielen. Ich kann auf die einzelnen Methoden hier nicht näher eingehen. Jedenfalls ist die auffallende Erscheinung, daß gehacktes Getreide stets erheblich höhere Erträge, auch bei schwächerer Aussaat, gegenüber ungehacktem Getreide gibt, nicht

zum geringsten Teil mit darauf zurückzuführen, daß dem Boden aus der Luft eine größere Menge Stickstoff zugeführt wird.

Ob wir betreffs der Ernährung der Bakterien mit organischer Substanz besondere Maßnahmen zu ergreifen haben, müssen die weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen noch ergeben. Die jetzt herrschende Ansicht über diesen Punkt habe ich schon weiter oben dargelegt. Wir führen dem Acker im Stalldünger, in der Gründüngung und in den Ernterückständen eine große Menge organischer Substanz zu und haben nur dafür zu sorgen, daß die Zersetzung eine normale ist. Außerdem fördern wir durch die geschilderte Bodenbearbeitung auch das Wachstum der grünen Algen, die den Kohlenstoff aus der Luft assimilieren und dann selbst den Bakterien als Nahrung dienen.

F. Verhütung von Stickstoffverlusten auf dem Acker.

Wie wir schon früher erwähnten, kann der Stickstoff durch verschiedene Vorgänge wieder aus dem Boden verloren gehen. Die Gefahr der Stickstoffverluste ist zwar draußen auf dem Felde lange nicht so groß wie im Stalldünger während seines Lagerns auf der Dungstätte, doch ist sie unter allen Umständen zu berücksichtigen, da es natürlich sehr unwirtschaftlich ist, mit Stickstoff zu düngen und dann nicht dafür zu sorgen, daß er den Pflanzen auch wirklich zugute kommt.

Solange sich der Stickstoff in organischen Verbindungen befindet, sind Verluste nicht zu befürchten. Auch als Ammoniak wird er selten aus dem Boden verschwinden, da der Boden hierfür ein hohes Absorptionsvermögen besitzt und das bei den Zersetzungen auftretende gasförmige Ammoniak sehr schnell wieder gebunden wird. Nur wenn das Ammoniak an der Oberfläche des Ackers gebildet wird, so daß es direkt in die Luft entweichen kann, geht es verloren. Das tritt ein, wenn man den Stallmist an der Oberfläche liegen läßt und ist es daher ratsam, den Dünger möglichst bald unterzupflügen. Ferner treten Verluste durch Ammoniakverdunstung ein, wenn wir das schwefelsaure Ammoniak an der Oberfläche liegen lassen, besonders wenn der Boden kalkreich ist. Diese sind aber auch leicht dadurch zu vermeiden, daß man das Ammoniak möglichst schnell eineggt oder einkrümmert. Hat man den Acker frisch gekalkt, so ist es besser, man wartet mit der Ammoniakgabe einige Zeit.

In höherem Maße unterliegt der Stickstoff der Gefahr von Verlusten, wenn er in Form von Salpeter im Boden ist. Der Salpeter wird von den Sickerwässern leicht mit in den Untergrund genommen, wofür die Beobachtungen Kochs, die wir weiter oben erwähnten, einen guten Beweis liefern. Man darf diese Verluste jedoch auch nicht überschätzen, da die

Niederschlagsfeuchtigkeit, besonders auf besseren Böden mit guter Wasserkapazität, lange in den oberen Schichten festgehalten wird und erst bei sehr starken Niederschlägen eine erhebliche Auswaschung stattfindet. Auf leichten, humusarmen Sandböden tritt dies allerdings sehr bald ein, so daß es auch im Interesse des Stickstoffhaushaltes geboten ist, hier den Gehalt an Humus durch reichliche Zuführung organischer Substanz und damit auch die Wasserkapazität zu erhöhen.

Die Verluste durch Auswaschung können auch deshalb nicht so große sein, da sich doch immer nur ein verhältnismäßig geringer Teil des Bodenstickstoffs in Form von Salpeter vorfindet. Andrerseits muß man aber berücksichtigen, daß durch die Umsetzungen der Bakterien fortwährend Salpeter gebildet wird. Diese Vorgänge verlaufen auf leichtem, tätigen Boden am schnellsten und wird es hier oft zweckmäßig sein, sich durch entsprechende Maßnahmen vor Verlusten zu schützen.

Wir wissen, daß die Pflanzen den im Boden gebildeten Salpeter sehr schnell aufnehmen. Das Gegebene ist also, daß wir nach Möglichkeit dafür sorgen, daß dort, wo man mit dem Auswaschen des Salpeters rechnen muß, immer Pflanzen vorhanden sind, die die entstehende Salpetersäure für sich verwenden. Das ist ohne weiteres der Fall, solange unsere Kulturpflanzen auf dem Felde stehen. Aber wie ist es in der Zeit zwischen der Ernte und der Aussaat der Nachfrucht? Da müssen wir eben nach der Ernte Pflanzen einsäen, die in möglichst hohem Maße Stickstoff dem Boden entnehmen. Dazu eignet sich ganz besonders der Senf, der sehr energisch den Salpeter aufnimmt. Pflügt man dann später den Senf wieder unter, so wird der von ihm aufgenommene Stickstoff durch die Zersetzung im Boden für die Nachfrucht wieder verfügbar, während er sonst vielleicht verloren gegangen wäre. Außerdem wird dem Boden eine große Menge humusbildender Substanz zugeführt, wodurch ganz allgemein die physikalischen Eigenschaften verbessert werden.

Schneidewind erklärt den Senf als gänzlich unzweckmäßig für die Gründüngung und spricht den Wunsch aus, daß er möglichst bald ganz von der Bildfläche verschwinden möge. Er fand in einem Felddüngungsversuch einen Minderertrag der mit Senfgründüngung bestellten Parzellen gegenüber den ohne Gründüngung gelassenen Parzellen und erklärt diese Erscheinung damit, daß die günstigen bakteriologischen Prozesse im Boden weit besser verlaufen im nicht bestellten Acker als in dem mit Senf bestellten. Dagegen hat Lemmermann direkt eine Anreicherung des Bodens mit Stickstoff gefunden und nimmt als Grund dafür an, daß der Senf so energisch den Stickstoff aus dem Boden entnimmt, daß die stickstoffbindenden Bakterien, von denen man glaubt, daß sie am stärksten Stickstoff assimilieren, wenn sie den zu ihrer Ernährung nötigen Stickstoff nicht im Boden finden, aus Stickstoffmangel gezwungen werden, Luftstickstoff zu assimilieren.

In Wirklichkeit werden die Verhältnisse wohl so liegen, daß die reine Senfgründüngung für gewisse Böden sehr vorteilhaft ist, wenn es nicht darauf ankommt, den Boden mit Stickstoff zu bereichern, sondern der Boden in erster Linie eine Verbesserung seiner physikalischen Beschaffenheit nötig hat und man Verluste durch Auswaschung befürchtet. Es läßt sich auch hier keine für alle Verhältnisse gültige Regel geben und es muß jeder eben selbst ausprobieren, was für seinen Boden das Richtige ist.

Um sich bei der Düngung mit stickstoffhaltigen Kunstdüngern vor Auswaschung zu schützen, muß man diese zur richtigen Zeit anwenden. So ist der Chilesalpeter, bei dem die Gefahr dieser Verluste am größten ist, stets nur so zu geben, daß er von den Pflanzen, denen er zugute kommen soll, auch sofort aufgenommen werden kann. Streut man den Salpeter längere Zeit vor der Aussaat aus, so wird, abgesehen davon, daß er inzwischen zum Teil in schwerer lösliche Verbindungen übergeführt wird, bei eintretenden starken Niederschlägen ein großer Teil in den Untergrund ausgewaschen.

Die zweckmäßigste Anwendung des Chilesalpeters und aller Düngemittel, in denen der Stickstoff in Form von Salpeter enthalten ist, wie im Norgesalpeter, ist demnach die Kopfdüngung, da so der Stickstoff sofort von den Pflanzen aufgenommen wird.

Als man früher glaubte, daß durch die Salpeterdüngung der Zuckergehalt der Rüben beeinträchtigt würde, wurden die rübenbauenden Landwirte von den Zuckerfabriken verpflichtet, keinen Salpeter als Kopfdüngung zu verwenden, sondern den Salpeter schon im Herbst auf die Schläge zu geben, die Rüben tragen sollten. Die meisten Landwirte taten dies auch, da sie die tatsächlichen Verhältnisse nicht kannten. Die Zuckerfabriken wußten sehr wohl, daß bis zur Rübenbestellung der größte Teil des Stickstoffs verloren war, aber sie nutzten die Unkenntnis der praktischen Landwirte aus, da sie überzeugt waren, daß die Rübenbauer nur ungern von der Salpeterdüngung lassen würden, sie aber so in einer Form gaben, die den Rüben nichts mehr schaden, aber auch nichts mehr nützen konnte.

Am wenigsten wird man auf einem Acker, der in gutem Zustand ist, die Verluste durch die Denitrifikation zu befürchten haben. Maßnahmen dagegen sind nur insofern zu treffen, daß man den Acker stets in gut gelockertem Zustand erhält und vor allem durch Drainage vor stagnierender Nässe schützt.

Eine mitunter beobachtete Minderwirkung der Stickstoffdüngung ist in den meisten Fällen auf die Umsetzung des Salpeters in schwerer lösliche Verbindungen zu schieben, die man nicht eigentlich als Verlust bezeichnen kann. Der Stickstoff ist noch im Boden vorhanden und kann nur nicht von den Pflanzen aufgenommen werden. Um dies zu vermeiden, muß man die schon beschriebenen Vorgänge im Boden kennen. Es wäre z. B. ein Fehler,

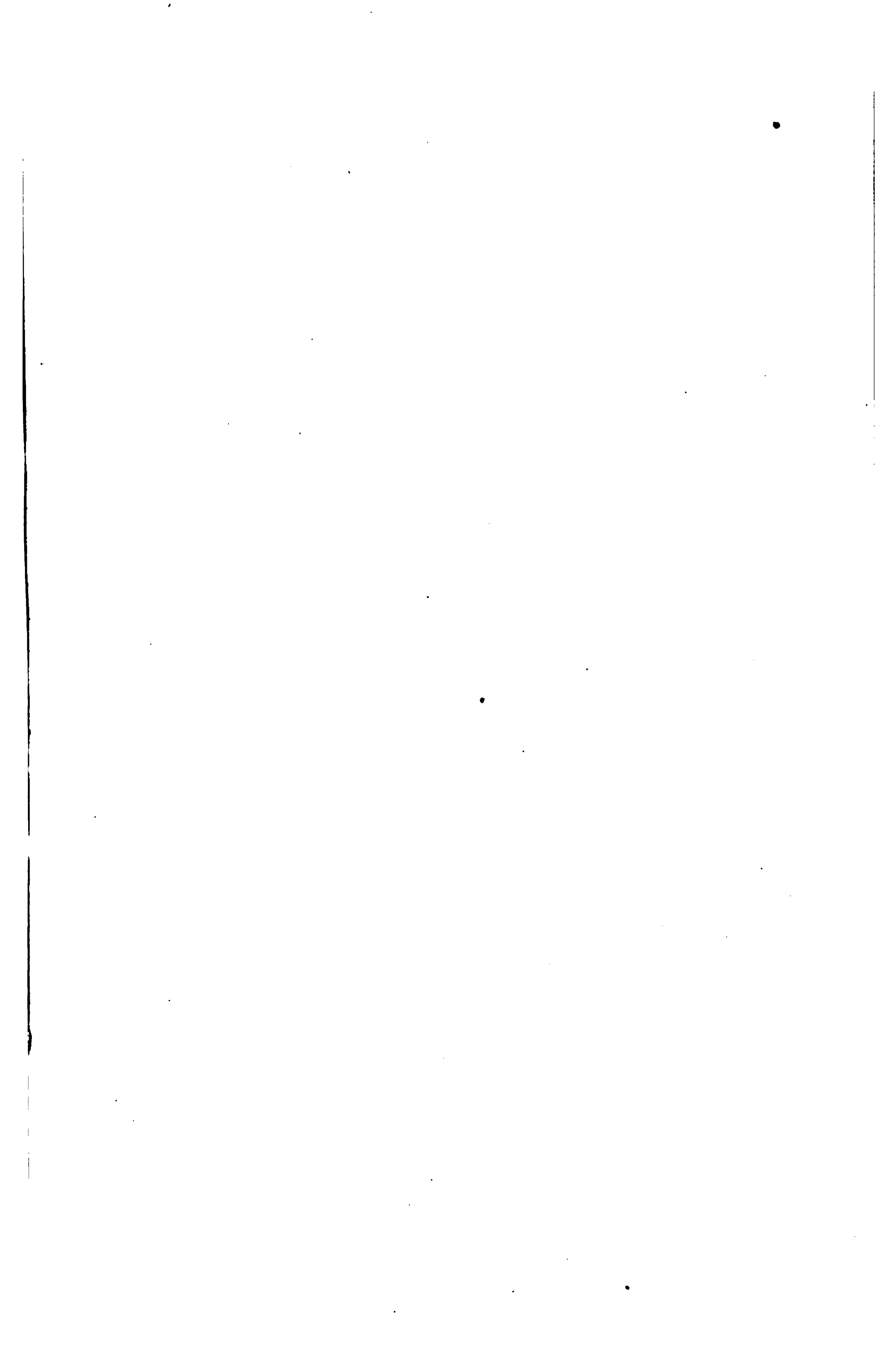
wenn man Chilesalpeter geben würde, solange sich im Boden noch größere Mengen unzersetzter organischer Substanz, wie frisch untergepflügter Mist oder Gründüngung befinden. Dann würden die Bodenbakterien den Pflanzen gegenüber im Vorteil sein und den Salpeterstickstoff zum Aufbau ihres eigenen Körpers verwenden, und die Pflanzen hätten das Nachsehen. Deshalb soll man auch den Stallmist so zeitig vor der Bestellung unterbringen, daß er, wenn sich die Pflanzenwurzeln entwickeln, soweit zersetzt ist, daß die organische Substanz sich nicht mehr in einer Form befindet, wie sie diesen Bakterien als Energiequelle dienen kann. Aus dem gleichen Grunde soll auch der Stallmist bis zu einem gewissen Grade schon auf der Dungstätte zersetzt sein.

G. Literatur.

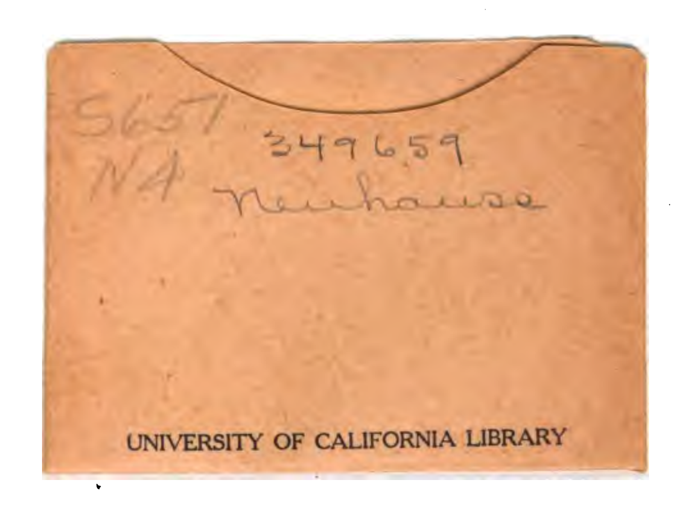
(Es ist nur die wichtigste, bei vorliegender Arbeit verwandte Literatur angeführt.)

Hiltner: Über neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der Bodenbakteriologie.
Huflage: Vergleichende Düngungsversuche mit Torfstreu und Strohdünger.
Koch, Alfred: 1. Bodenbakteriologische Forschungen und ihre praktische Bedeutung (Vortrag).
2. Die Pflanzennährstoffe des Bodens unter dem Einfluß der Bakterien (Vortrag, „Kali" Zeitschrift f. Gew., Verarb. und Verw. d. Kalisalze 1912, H. 16).
Lafar: Handbuch der technischen Mykologie, Band 3. Mykologie des Bodens, des Wassers und des Düngers.
Lemmermann: Düngerlehre.
Lemmermann u. Blanck: Der weiße Senf in seiner Beziehung zur Stickstoffassimilation.
Löhnis: 1. Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologie.
2. Landwirtschaftliche Bakteriologie.
Neuhauß-Selchow, G.: Selchow contra Lupitz.
Pfeiffer: 1. Stallmist-Konservierung mit Superphosphatgips, Kainit und Schwefelsäure (Arb. d. D. L.-G. 1902).
2. Stickstoffsammelnde Bakterien, Brache und Raubbau.
v. Rümker: Tagesfragen aus dem modernen Ackerbau.
Schneidewind: 1. Zweckmäßige Behandlung des Stalldüngers (Arb. d. Landw. Kammer d. Prov. Sachsen 1905).
2. Neuere Erfahrungen über Behandlung und Wirkung des Stalldüngers.
3. Die Stickstoffquellen und die Stickstoffdüngung.
Stutzer: 1. Die Arbeit der Bakterien im Stalldünger.
2. Stallmist und Kunstdünger.
3. Leitfaden der Düngerlehre für praktische Landwirte.
Trunz: Die Gründüngung, ihre technische Durchführung und wirtschaftliche Bedeutung für Land- und Forstwirtschaft.
Wagner: Kurze Anleitung zur rationellen Stickstoffdüngung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen unter Berücksichtigung des Chilesalpeters.
Wohltmann: Die Bakterien im Stallmist und Erdboden und der Streit Kühn gegen Wagner.

Druck von Hermann Beyer & Söhne (Beyer & Mann) in Langensalza.






5651
NA
349659
Neuhouse
UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

